WOLFGANG SMITH

O ENIGMA QUÂNTICO

DESVENDANDO A CHAVE OCULTA

PREFÁCIO DE **OLAVO DE CARVALHO**

VIDE EDITORIAL

2ª edição

DADOS DE COPYRIGHT

Sobre a obra:

A presente obra é disponibilizada pela equipe ***Le Livros*** e seus diversos parceiros, com o objetivo de oferecer conteúdo para uso parcial em pesquisas e estudos acadêmicos, bem como o simples teste da qualidade da obra, com o fim exclusivo de compra futura.

É expressamente proibida e totalmente repudiável a venda, aluguel, ou quaisquer uso comercial do presente conteúdo

Sobre nós:

O ***Le Livros*** e seus parceiros disponibilizam conteúdo de dominio publico e propriedade intelectual de forma totalmente gratuita, por acreditar que o conhecimento e a educação devem ser acessíveis e livres a toda e qualquer pessoa. Você pode encontrar mais obras em nosso site: ***LeLivros.org*** ou em qualquer um dos sites parceiros apresentados neste link.

"Quando o mundo estiver unido na busca do conhecimento, e não mais lutando por dinheiro e poder, então nossa sociedade poderá enfim evoluir a um novo nível."

leLivros

0 Enigma Quântico - Desvendando a Chave Oculta - Wolfgang Smith Impresso no Brasil

Iª edição - Fevereiro de 2011 - CEDET 2ª edição - Outubro de 2011 - CEDET Copyright (c) 1995 by Wolfgang Smith

Edições nos EUA

Iª edição - 1995 - Sherwood & Sugden 2ª edição - 1995 - Sherwood & Sugden 3ª edição - 2005 - Sophia Perennis

Editor Tradução Projeto Gráfico / Editoração Revisão Impressão

Sílvio Grimaldo de Camargo Raphael D. M. de Paola Arno Alcântara Júnior Silvia Elizabeth da Silva Daikoku Editora e Gráfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Smith, Wolfgang

() I .mgma Quântico: Desvendando a Chave (leulta / Wolfgang Smith Tradução de Raphael de Paola Campinas, SP : Vide Editorial, 2011.

Título (Iriginal: The Quantum Enigma: 1'inding thc 1 lidden Ivey

I. Teoria Quàntica 2. Eilosofia da Ciência I. Título

II. Wolfgang Smith.

CDD - 530.12

índices para Catálogo Sistemático

I . Teoria Quàntica - 530.12 2. Eilosofia da Ciência - 100

ISBN: 978-85-62910-02-9

Os direitos desta edição pertencem ao CEDET - Centro de Desenvolvimento Profissional e Tecnológico Rua Ângelo Vicentin, 70 CEP: 13084-060 - Campinas - SP Telefone: 19-3249-0580 e-mail: livros@cedet.com.br

Reservados todos os direitos desta obra. Proibida toda e qualquer reprodução desta edição por qualquer meio ou forma, seja ela eletrônica ou mecânica, fotocópia, gravação ou qualquer meio.

TRADUÇAO

RAPHAEL D. M. DE PAOLA

DOUTOR EM FÍSICA PELO CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS (CBPF), SABE QUE A FÍSICA NÃO É CAPAZ DE INTERPRETAR A SI MESMA E QUE POUCOS FÍSICOS PENSAM A RESPEITO.

Índice

- PRÓLOGO
- PREFÁCIO À EDIÇÃO BRASILEIRA
- PREFÁCIO
- PREFÁCIO À PRIMEIRA EDIÇÃO
- REDESCOBRINDO O MUNDO CORPÓREO
- O QUE É O UNIVERSO FÍSICO?
- MUNDO MICROSCÓPICO E INDETERMINAÇÃO
- MATÉRIA
- SOBRE SE
- CAUSALIDADE
- TEORIA QUANTICA:
  - U)=«i \y/]) + a2\y/2)+... + a„|y/„)
- GLOSSÁRIO
- ÍNDICE REMISSIVO

PRÓLOGO

Desde o início do desenvolvimento da mecânica quân- . tica, interpretações diversas a respeito de sua significação foram propostas não apenas por físicos - particularmente Bohr e Einstein - mas também por alguns filósofos.
Essas interpretações, no entanto, falharam em dar inteligibilidade às conseqüências daquilo que se observa e se mede no âmbito experimental. O presente trabalho é o primeiro feito por um cientista qualificado a encarar a mecânica quântica não a partir de uma filosofia racionalista ou empirista, mas a partir da metafísica, da ontologia e da cosmologia tradicionais, acabando por prover a chave para a compreensão da real significação deste ramo básico da ciência física. O resultado é um dos livros mais importantes a surgir que faça uma explanação da física moderna à luz das verdades eternas da filosofia perene e também a conter uma refutação categórica do cientificismo e do reducionismo que caracterizam boa parte da interpretação corrente da ciência moderna.

O autor, já conhecido dos estudantes do campo das relações entre religião e ciência por seus trabalhos anteriores *Cosmos and Transcendence* e *Teilhardism and the New Religion,* e também do recente *The Wisdom of Ancient*

Cosmology, está firmemente ancorado na metafísica tradicional e na teologia, especialmente na escola de São Tomás de Aquino, sendo, ao mesmo tempo, um notável cientista versado nas complexidades da mecânica quântica. Por essa razão, escreve com uma autoridade que transparece nas páginas deste livro, dando ao assunto um tratamento que se coloca nos antípodas daquele gênero das

sínteses superficiais de física moderna com metafísica oriental tão comum nos dias de hoje, esposadas particularmente por certas correntes daquilo que agora se chamam de “As Novas Religiões”.

Em seu prefácio, o autor faz notar que, de fato, não existe nenhuma visão quântica do mundo que seja consistente, a despeito da admirável precisão das previsões que tomam por base tal teoria. A situação tornou-se insustentável a tal ponto que um autor recente foi levado a falar de uma “feira-livre da realidade”. Foi com o intuito de pôr à mostra a autêntica visão de mundo para a qual aponta a mecânica quântica e, ao mesmo tempo, tornar possível um entendimento razoável desta, que o Professor Smith se pôs a escrever este livro.

Juntamente com uma filosofia da mecânica quântica inferida das doutrinas tradicionais da ontologia, da cosmologia e da metafísica, vem apontada a necessidade da substituição do cartesianismo ainda prevalecente na ciência moderna apesar das muitas mudanças que a mecânica quântica trouxe à cena. Ao assim proceder, ele foi capaz de remover as aparentes contradições que a visão ordinária da mecânica quântica implica, tornando o assunto inteligível do ponto de vista da *philosophia perennis.* A clara distinção feita entre o físico e o corpóreo, uma das principais contribuições deste livro, foi capaz de situar o status ontológico da física moderna na hierarquia universal do ser. Ele também liberta o entendimento corrente a respeito do mundo corpóreo, bem como as ciências qualitativas a ele associadas, das garras de uma ciência puramente quantitativa, destruindo de uma vez por todas qualquer reducionismo cientificista, um dos pilares da visão moderna e pós-moderna.

O Enigma Quântico reveste-se de grande importância não apenas para a filosofia da ciência, mas também para todo o domínio do conhecimento humano, devendo ser difundido o mais possível. O livro marca o primeiro encontro profundo entre a ontologia tradicional e- a mecânica quântica na mente de uma pessoa que abarca ambos os domínios e que é capaz de prover um entendimento metafísico da física moderna, bem como de suas conquistas e limitações. Ele é, de fato, um contrapeso a tantos trabalhos que vão na direção contrária de interpretar os ensinamentos metafísicos milenares do Oriente e do Ocidente em termos da física moderna. O livro vem escrito de maneira clara, tendo-se preferido colocar num apêndice o tratamento matemático da mecânica quântica para consulta daqueles com conhecimento suficiente. O trabalho em si não exige conhecimento técnico da física matemática, dirigindo-se a todos que buscam entender o mundo em torno e entender o papel da ciência moderna tanto ao explicar um aspecto específico deste mundo quanto, por outro lado, ao velar, do homem moderno, os aspectos qualitativos deste mesmo mundo. Quem quer que esteja sob o jugo do reducionismo e que tenha o pensamento desviado pelo cientificismo e pelas pretensões excessivas de uma ciência puramente quantitativa, mas que também esteja, por outro lado, consciente, tanto das conquistas quanto das ambiguidades da mecânica quântica, ficará grato a Wolfgang Smith por trazer à luz um trabalho de importância capital na demolição das promessas extravagantes do cientificismo, ao mesmo tempo em que desvenda o enigma da mecânica quântica à luz das doutrinas perenes, as quais sempre proveram os meios para solução dos enigmas e dos mistérios da existência e do pensamento humano ao longo de todas as eras.

Seyyed Hossein Nasr

George Washington IJniversily

PREFÁCIO À EDIÇÃO BRASILEIRA

A física quântica é provavelmente a teoria científícá mais certa e bem comprovada de todos os tempos, mas que é, afinal de contas, uma “teoria científica”? É uma descrição razoável, preferivelmente matemática, de certos processos aparentes cujo significado e cujo quociente de “realidade” essa teoria desconhece por completo.

A física quântica descreve com exatidão espetacular o comportamento provável de certas partículas atômicas, mas não pode nos dizer nem mesmo em que sentido essa descrição corresponde a algo de “real”. *De quê,* afinal de contas, a teoria quântica está falando? Há décadas os estudiosos da área discutem se a mera averiguação de probabilidades é o limite último dessa ciência, se existe por trás das probabilidades um “fator oculto” desconhecido ou se diferentes probabilidades estão se realizando, neste mesmo momento, em vários “mundos paralelos”. Na primeira hipótese, nenhum avanço é possível e o último capítulo da ciência é uma pergunta sem resposta. Na segunda, a física quântica não passa do mapeamento exato de/uma ignorância monumental, provavelmente invencível. Na terceira, bem, na terceira já não há mais diferença entre ciência e ficção científica.

Esse conjunto de dificuldades é conhecido como “o enigma quântico”, mas, pensem bem: pode alguma ciência

fornecer ao intelecto humano - não digo ao ser humano como animal social -- algo mais que enigmas?

Pelo lado teorético, nenhuma ciência tem, por si, os meios de esclarecer o lugar preciso do seu objeto no conjunto da realidade ou, mais modestamente, no conjunto da

experiência disponível. Em *Sabedoria e Ilusões da Filosofia,* Jean Piaget diz que somente as ciências nos fornecem conhecimento, que a filosofia nos dá, no máximo, um “senso de orientação geral”. Mas que aspecto abstrativo da realidade, considerado em si e fora de um senso de orientação geral, merece o nome de “conhecimento”, mesmo que sua descrição seja exata em todos os detalhes? A física quântica é a mais avançada das ciências, e *as três* hipóteses mais célebres concebidas para explicá-la acabam por descrevê-la, em última análise, como uma modalidade sublime do ininteligível. A esperança de uma cosmovisão científica abrangente, que reduza toda a realidade a duas ou três leis matemáticas, é um sonho gnóstico bobo, além de autocontraditório na base. Os objetos da ciência não coincidem com os da experiência comum da humanidade: mesmo que o conjunto dos objetos das várias ciências pudesse ser articulado num sistema explicativo universal, esse sistema só coincidiria com a experiência da realidade em determinados pontos seletos. Universos inteiros ficariam fora e sua existência teria de ser negada mediante decreto governamental. Examinem o sistema educacional e verão que, em parte, isso já acontece.

Pelo lado prático, as extensões tecnológicas e indus-

triais da atividade científica produzem mudanças sociais e culturais avassaladoras, colocando os seres humanos, da noite para o dia, em situações que eles compreendem cada vez menos. As próprias “revoluções científicas” não se operam pela impugnação racional satisfatória das crenças estabelecidas, mas pelo giro repentino dos focos de atenção, pela instauração de novos paradigmas que não “superam” os anteriores senão no sentido de serem mais adequados a uma situação intelectual que essa mesma instauração criou. O sentimento de progresso, aí, não nasce da pura aquisição de novos conhecimentos: em grande

parte ele é uma profecia auto-realizável baseada no esquecimento voluntário das suas próprias origens. O que se perde pelo caminho, nesse processo, é às vezes tão grande quanto o que se conquista. Jean Fourastié, em *Les Conditions de VEsprit Scientifique*, observava que o progresso do conhecimento caminha *pari passu* com o crescimento da ignorância.

Toda ciência é, por vocação, fornecedora de enigmas em busca de um “senso de orientação geral”. É só este senso que pode restaurar o fundamento racional das próprias ciências,ajuando estas, embriagadas de descritivismo matemático, já não sabem do que estão falando.

Razão, no seu sentido mais geral e antigo, não quer dizer somente a linguagem e o cálculo, mas sobretudo o ponto de articulação entre essas duas capacidades que a expressam em domínios diferentes. Se de um lado temos o discurso dotado de sentido e de outro temos o senso das medidas e

proporções, portanto o senso de parte e todo, e se essas coisas levam o nome de “razão” em grego e latim respectivamente, está claro que razão não é nem uma coisa nem a outra separadamente: é a capacidade de discorrer com significado e com senso das proporções sobre a totalidade e suas partes. Razão é o discurso compreensível baseado no "senso de orientação geral”.

Por isso mesmo acontece às vezes que só esse senso pode resgatar o que foi perdido ao longo das “revoluções científicas” e assim restaurar o fundamento racional que toda as ciências necessitam possuir para ser dignas do estatuto de “conhecí mentos”.

E precisamente isso o que o Prof. Wolfgang Smith empreende fazer, neste livro admirável, no que diz respeito à física quântica. Ele deseja uma solução para o "enigma quântico", mas, sabendo que, por definição, esse enigma não tem como ser resolvido no âmbito da própria teoria quântica, vai buscá-la num daqueles conhecimentos preciosos que o matrimônio secreto do progresso do conhecimento com o progresso da ignorância deixou esquecidos pelo caminho.

A/tese deste livro é simples, no fim das contas: a "matéria" que a teoria quântica estuda nem é precisamente aquela que os nossos olhos enxergam a olho nu, nem se distingue dela pela mera escala microscópica em que se manifesta, a qual só permite falar dela por meio de abstrações matemáticas não raro hostis à percepção comum e corrente. E um domínio específico, que os escolásticos da Idade Média

conheciam perfeitamente bem, mas que desapareceu do horizonte intelectual por conta da "revolução científica" na entrada da modernidade. Os escolásticos - nomeadamente Sto. Tomás de Aquino - admitiam que por baixo do universo sensível jazia a mera potência de existir, indefinida, sem qualidades, à qual denominavam *matéria prima* (hoje dificilmente a chamaríamos "matéria"). Um grau acima da matéria prima estava o domínio a que me refiro, ainda não dotado de qualidades sensíveis mas já distinto da matéria prima por apresentar-se em quantidades definidas. Aí já . não se tratava de pura potencialidade indistinta, mas de um conjunto de probabilidades objetivas, teoricamente cognoscí-vel, que subjazia microscopicamente a toda a esfera dos objetos sensíveis. Tal é o domínio da pura probabilidade quantificável, o domínio *quântico* por excelência. Quando a intervenção de um observador por meio do microscópio

eletrônico altera o comportamento das partículas, levando alguns físicos às mais arriscadas especulações filosóficas — ou pseudofilosóficas - sobre a “subjetividade do real”, isso ripo acontece por nada de misterioso, por nenhuma resistência diabólica do real à nossa busca de conhecimento, mas simplesmente porque aí se dá um confronto, um choque, uma interferência mútua entre duas espécies de matéria inco-mensuráveis: de um lado a matéria sensível, de que se compõe o microscópio, de outro lado a *matéria secunda* ou quantidade pura. Isso responde simultaneamente às três hipóteses em debate. Se a física quântica, segundo a primei-

ra hipótese, não pode ir além do conhecimento das puras probabilidades matemáticas, não é por uma limitação cognitiva dessa ciência ou por uma onda de azar deplorável, mas pela própria natureza do seu objeto de estudo, a *matéria secunda.* Existem então os tais “fatores ocultos” por trás das probabilidades, como reza a segunda hipótese? Sim, mas não são propriamente ocultos: por trás das probabilidades está a estrutura hierárquica da realidade, que sobe da mera potencialidade da matéria prima até a onipresença do Ato Puro, ou Deus. E então, pensando agora segundo a terceira hipótese, existem os “mundos paralelos”? A isto é preciso responder como o poeta Paul Éluard: “Há outros mundos, mas estão neste.” Há planos ou faixas de realidade, que obedecem a leis coexistentes mas não comensuráveis: o mundo quântico *não é* este mundo sensível, é a estrutura de probabilidades que o sustenta e o torna matematicamente viável. Eis aí a solução do “enigma quântico”.

A coisa mais tímida que me ocorre dizer dessa descoberta do Prof. Wolfgang Smith é que ela foi uma das maiores realizações intelectuais do século XX.

Olavo de Carvalho

Richmond, VA, 10 de setembro de 2010

PREFÁCIO

À TERCEIRA EDIÇÃO

Na década que passou desde que surgiu a primeira edição, as concepções básicas introduzidas neste livro provaram-se fundamentais para uma gama de aplicações cosmo-lógicas. Uma das mais diretas, pertencente ao domínio da astrofísica, vem esclarecer limitações patentes das cosmolo-gias contemporâneas. O resultado é que as lições ontológicas aprendidas no contexto da teoria quântica provam-se decisivas também no campo da astrofísica. Outra aplicação quase imediata dos mesmos princípios$_r$ àquilo que é comumente chamado coincidência antrópica, alterou radicalmente a cena: mostrou-se que os fenômenos em questão não são de forma alguma 'coincidências', sendo, na verdade, implicações lógicas ancoradas em princípios ontológicos. No campo da cosmografia - para mencionar uma terceira linha de investigação - descobre-se que o aparente conflito entre a ciência moderna e as antigas 'visões do mundo' não é de maneira nenhuma tão absoluto quanto se tende a imaginar: aquelas mesmas 'lições ontológicas aprendidas' implicam em os chamados fatos brutos da ciência não descartarem cosmogra-fias alternativas, ficando a alegada incompatibilidade por conta, na verdade, de pressuposições de tipo cartesiano.

Fica-se abismado de constatar quão diferente torna-se o mundo quando não mais é visto por meio das lentes carte-sianas. Via de regra percebe-se que, assim que se expõe e que se elimina a confusão ontológica fundante do pensamento científico contemporâneo, o caminho está livre para uma integração das verdadeiras descobertas científicas dentro de ordens de conhecimento pertencentes

ao que, por vezes, tem sido chamado de conhecimento perene da humanidade.[1]

Entre as idéias introduzidas no âmbito da teoria quân-tica que encontraram aplicação fora da física, o conceito de ‘causalidade vertical’, definido no Capítulo 6, merece destaque, tendo em vista sua íntima conexão com um novo e cada vez mais importante domínio da ciência conhecido como a teoria do *design* inteligente. O resultado central da teoria do 1)1 é um teorema que afirma que uma quantidade chamada informação complexa especificada (ICE) não pode ser aumentada por meio de nenhum processo temporal, seja ele determinista, aleatório ou estocástico.[2] Isso significa, à luz de nossã análise, que apenas a causalidade vertical pode dar origem a ICE. Nosso principal resultado, de que o colapso do vetor de estado deve igualmente ser atribuído à causalidade vertical, adquire, portanto, um significado ainda

mais importante. A causação vertical, longe de constituir um *deus ex machina* para a resolução do paradoxo quântico (como poderiam apontar os críticos), constitui, de fato, um princípio universal de causalidade que a ciência moderna vê-se finalmente obrigada a reconhecer. Como consequência, inumeráveis fenômenos naturais (desde o colapso do vetor de estado até a gênese de organismos biológicos) demandam um tipo de causalidade até aqui não reconhecido. Dado o fato que a ciência contemporânea, pela natureza de seu próprio *modus operandi,* se vê forçada a lidar com modos, de causação exclusivamente temporais ou ‘horizontais’, isto implica que os fenômenos em questão não podem, amiúde, ser explicados ou entendidos em termos científicos: gostemos ou não, princípios metafísicos forçaram sua entrada em cena, em desafio ao naturalismo prevalecente.

A presente terceira edição traz uma versão revisada do Capítulo 6. Na apresentação original, o conceito de causalidade vertical fora aplicado à cosmologia astrofísica, na qual eu tinha então me aprofundado insuficientemente, seja do ponto de vista científico, seja do ontológico. De ambas as direções, nesse meio tempo, surgiram dificuldades a respeito da teoria, das quais eu estava pouco consciente ao escrever o texto original.[3] Na nova versão do Capítulo 6, retirei toda referência à cosmologia do *big bang,* tendo lidado com _

3 Deve-se notar que, do ponto de vista lógico, e, na verdade, também do ponto de vista simbólico, a ligação entre a denominada singularidade inicial e a causação vertical continua válida na mesma forma que foi explicada na versão original do Capítulo 6, independentemente da cosmologia do *bi.e bane.* provar-se verdadeira ou não.

as questões etiológicas diretamente. Após introduzir o conceito de causalidade vertical em termos gerais, passo a explicar sua relevância, não apenas ao fenômeno do colapso do vetor de estado, mas, de fato, à mecânica quântica como um todo. O que parece ser inconsistente e bizarro do costumeiro ângulo cartesiano revela-se agora ser o que faltava do ponto de vista da ontologia: é isto o que a linha de argumentação, iniciada no Capítulo 1 e consumada no Capítulo 6, traz à luz.

1

Doze estudos a este respeito foram publicados no meu recente livro, *The Wisdom ofA-ttàent Cosmology* (Oakton, VA: The Foundation for Traditional Studies, 2003).

2

Um processo é dito estocástico quando implica tanto a necessidade quanto o acaso, como, por exemplo, o movimento browniano. Para um breve relato da teoria do Dl e de sua conexão com a causalidade vertical, remeto ao cap.10 do *The Wisdom ofAncient Cosmology.*

PREFÁCIO À PRIMEIRA EDIÇÃO

Este é um livro sobre a física quântica ou o que se consagrou como problema da ‘realidade quântica’. Trata de um enigma que tem assombrado por décadas a físicos, filósofos e a um público cada vez maior. A literatura sobre o assunto é vastíssima e parece que toda e qualquer forma concebível de abordar o problema - não importando quão fantástica pareça- já foi defendida e explorada por alguém. Foram-se os dias em que a autoridade da física podia ser invocada em apoio a uma visão de mundo firmemente estabelecida! Ocorreu que a visão de mundo cientificista (agora chamada ‘clássica’), prévia à teoria quântica, foi rejeitada “na base”, a crítica tendo sido feita por físicos capazes de compreender as implicações da teoria quântica. Mas isso, por sua vez, trouxe à tona uma abundância de propostas meramente conjetu-rais, competindo umas com as outras para, por assim dizer, preencher o vazio ontológico - uma situação que motivou um autor recente a falar de um ‘feira-livre da realidade’. Podemos dizer que a mecânica quântica é uma teoria científica-em busca de uma Weltanschauung. A busca continua desde 1927.] [1]

Olhando com reservas a situação, dificilmente alguém se sentiria confiante quando uma dúzia de cientistas de alto gabarito promove igual número de visões de mundo discre-pantes; há então a tentação de concluir que a verdade é inatingível ou, pior ainda, de que ela seja relativa, uma mera questão de opinião pessoal.

O que é preciso, contudo, é dirigir um olhar mais cuidadoso em direção aos fundamentos do pensamento científico, às premissas ocultas que condicionaram nossas apreensões intelectuais contemporâneas. Uma modesta sondagem a

respeito dessa questão geralmente ignorada basta para revelar o fato surpreendente de que todos os posicionamentos já assumidos a respeito da realidade quântica dependem de uma e apenas uma premissa ontológica, de uma doutrina que é derivada das especulações filosóficas de Galileu e Descartes, e que, por mais surpreendente que seja, foi dura e irrefutavelmente atacada por alguns dos mais proeminentes filósofos do século XX. Pode mesmo parecer estranho que uma premissa ontológica tornada, para dizer o mínimo, suspeita, pudesse manter-se de pé sem ser contestada durante todo o debate acerca da realidade quântica;[2] mas devemos nos lembrar que a noção da qual falamos se impregnou na

mentalidade científica de maneira tal que ela mal pode ser reconhecida como uma hipótese, menos ainda como uma premissa ilegítima que precisa ser abandonada.

Minha reivindicação principal pode aqui ser exposta de forma bastante simples: remova-se este erro, mostre-se essa premissa quase onipresente como a falácia que ela é, e as peças do quebra-cabeça quântico começarão a se encaixar. A própria feição da teoria quântica - a qual, previamente a esta retificação ontológica, parecia ser a mais incompreensível - aparece como, ao contrário, a mais esclarecedora. Como era de se prever, esta feição dá testemunho, num nível técnico, de um fato ontológico, de uma verdade que tem até aqui sido ignorada.

Meu primeiro grande objetivo será identificar esta esquiva e falaciosa premissa e refutá-la de maneira inapelá-vel. Precisarei fazer uma digressão a respeito do *modus operandi* que define a física, mas uma digressão que não mais dependa do axioma a ser aqui invalidado. Tendo feito/isso, estaremos em posição de refletir, sob um novo prisma, a respeito das mais importantes descobertas da

teoria quântica, de modo a ver se esses estranhos e enigmáticos fatos podem finalmente/ser compreendidos. E esta é a tarefa que ocupará o restante do livro.

No topo da lista dos ‘fatos estranhos’ que clamam por explicação aparece o fenômeno do colapso do vetor de estado, que bem pode ser apontado como o enigma central da física quântica. Ele coloca um problema fundamental que não

pode ser ignorado nem contornado se quisermos entender a natureza do universo físico, bem como sua relação com quaisquer outros planos ontológicos que existam.

Considerações desse tipo, entretanto, não necessariamente detêm um físico profissional, nem chegam a alterar o fato de que a mecânica quântica é, sem dúvida, a teoria mais precisa, mais universal, assim como a mais sofisticada jamais posta à luz pelo homem. Em milhares de experimentos extremamente sutis, a teoria nunca foi desmentida. Mas a teoria quântica faz mais do que responder a uma infinidade de questões: ela mesma também levanta algumas. E, ao passo que a física clássica, a qual, em comparação, é tanto rude quanto imprecisa, e que inspira geralmente sonhos de onisciência, a própria feição da nova física convida à prudência e à sobriedade.

Dando sequência a essas observações preliminares, devo enfatizar que o presente livro foi escrito tanto para o leitor leigo e ‘avesso à matemática’, quanto para o físico interessado. Fiz um grande esforço para que o leitor não precisasse de nenhum conhecimento técnico sobre a física nem de qualquer contato prévio com a literatura a respeito da realidade quântica. Os conceitos técnicos indispensáveis da teoria quântica serão brevemente explicados em termos adequadamente simplificados. As noções e referências

técnicas deixadas de fora são invariavelmente estranhas ao argumento principal e não devem preocupar o leitor com pouco conhecimento do assunto. Para leitores com interesse na

matemática, coloquei num apêndice uma sucinta introdução à estrutura matemática da teoria quântica.

Em algumas oportunidades, fiz uso de termos filosóficos que podem não ser familiares, e fui, ainda, forçado, aqui o ali, a cunhar algumas poucas expressões técnicas de mi-. nha própria lavra. Em cada caso fiz meu melhor para explicar o significado desses termos especiais no momento em que aparecem pela primeira vez. Definições sucintas são também fornecidas num Glossário.

Preciso enfatizar, finalmente, que, a despeito de seu caráter aparentemente 'especializado', o problema da realidade quântica é, sem dúvida, a questão universal mais significativa jamais proposta pela ciência pura. Certamente, o que ela exige é uma visão de mundo integral que rompa radicalmente com o costumeiro, com o 'clássico'; e é isso o que proponho cumprir no que segue. Não tentarei, contudo, antecipar, nestes apontamentos introdutórios, as conclusões da pesquisa. No que concerne às concepções ontológicas/ necessárias, estas serão reveladas no contexto da problemática da realidade quântica, cada uma a seu tempo.

Capítulo I

1

A nova física nasceu durante os anos de 1925 e 1926. Quando os físicos reuniram-se em Como em 1927 para a Conferência Internacional de Física, os fundamentos da teria quântica não relativista já tinham sido lançados. Foi somente um pouco depois, no mesmo ano, quando se encontraram novamente em Bruxelas para

a Quinta Conferência Solvay, que o debate acerca da teoria irrompe com força total, na forma do celebrado debate entre Bohr e Einstcin.

2

A exceção solitária parece ser o caso de Werncr I leisenberg. Porém, por mais que Hcisenberg tenha de fato questionado a frágil premissa, e tenha inclusive chegado a sugerir que ela pudesse ser a principal causa de incompreensão por parte dos físicos, sua própria interpretação da teoria quântica, como veremos, pressupõe, não menos que as outras, este mesmo princípio.

REDESCOBRINDO O MUNDO CORPÓREO

As dificuldades e, podemos acrescentar, as perplexidades que nos atingem, no momento que tentamos dar um sentido filosófico às descobertas da teoria quântica, são causadas, não apenas pela complexidade e sutileza do mundo' microscópico, mas, primeiro e acima de tudo, pela adesão a certas premissas metafísicas falsas que têm ocupado uma posição de dominância intelectual desde o tempo de René Descartes.

Quais são essas premissas? Para começar, há a concepção cartesiana de um mundo externo feito exclusivamente das chamadas *res extensae* ou ‘coisas extensas’, as quais se supõem serem desprovidas de todos os atributos ou qualidades ‘secundárias’, tais como a cor, por exemplo. Tudo o mais fica relegado, de acordo com essa filosofia, às chamadas *res cogitantes* ou ‘coisas pensantes’, cujo ato constitutivo, por assim dizer, não é ter extensão, mas, pensamento. Assim, de acordo com Descartes, o que quer no universo que não seja uma *res extensa* passa a ser um ‘objeto de pensamento’ ou, em outras palavras, uma coisa que não tem existência fora de uma *res cogitans* ou mente particular.

Devemos reconhecer que a dicotomia tem sua função, já que, ao relegar os chamados atributos secundários ao segundo dos compartimentos cartesianos, consegue-se de um golpe só uma simplificação incalculável do primeiro. O que sobra, de fato, é precisamente o tipo de ‘mundo externo’ que a física matemática poderia em princípio compreender ‘sem resíduo’. Há, no entanto, um preço a ser pago: uma vez que o real tenha sido dividido em dois, fica difícil alguém saber como colar os pedaços de volta. Como é possível, por exemplo, que a *res cogitans* tome ciência da

res extensa? Através da percepção, sem dúvida; mas, então, o que é que nós percebemos? Ora, em tempos pré-cartesianos, pensava-se sendo filósofo ou não- que, no ato da percepção visual, por exemplo, nós de fato 'lançamos o olhar para o mundo exterior'. Nada disso, declara René Descartes; e por um bom motivo, uma vez que se aceita a dicotomia cartesiana. Porque, se o que eu realmente percebo é, digamos, um objeto vermelho, então ele deve *ipso fado* pertencer à *res cogitans,* pela simples razão que a *res extensa* não apresenta nenhuma cor. Assim, raciocinando de acordo com sua suposição inicial, não é por gosto, mas por força de necessidade lógica que Descartes foi levado a postular o que desde então ficou conhecido como 'bifurcação', a saber, a tese de que os objetos de percepção pertencem exclusivamente à *res cogitans* ou, ainda, de que o que realmente percebemos é privado e subjetivo. Em crassa oposição à crença comum, o cartesianismo insiste em que nós *não* 'lançamos o olhar para o mundo exterior'; de

acordo com esta filosofia, nós estamos na verdade engaiolados, cada um em seu mundo particular, e, o que normalmen-to tomamos como sendo parte do universo exterior, na verdade não passa de um fantasma, de um objeto mental - como um sonho- cuja existência não se estende para além do ato perceptivo.

Mas esta posição é, para dizer o mínimo, precária, já que, se o ato de percepção não atravessa de fato o fosso entre o mundo de dentro e o de fora - entre a *res cogitans* e a *res extensa* - como então é preenchida essa lacuna? Como, em-outras palavras, será possível conhecer-se as coisas externas ou até mesmo saber que existe um mundo exterior? O próprio Descartes, como é sabido, teve grande dificuldade em superar suas celebradas dúvidas, sendo capaz de fazê-lo somente através de um argumento

tortuoso que poucos hoje em dia achariam convincente. Mas, sendo esse o caso, não é de estranhar que cientistas consistentes tenham tão prontamente e, por tanto tempo, esposado uma doutrinanacionalista, a qual coloca em cheque a possibilidade mesma do conhecimento empírico?

Porém, se ignorarmos esse impasse epistemológico -nu se fingirmos que ele foi resolvido - torna-se plausível ficarmos satisfeitos com as aparentes vantagens conferidas pelo cartesianismo: porque, como já apontei, a simplificação do mundo exterior que resulta da bifurcação torna pensável uma física matemática de alcance ilimitado. Mas a questão, de qualquer forma, não é saber se a bifurcação é vantajosa

de alguma maneira, mas saber, antes, se ela é verdadeira -e até defensável. E este é o ponto que precisa ser resolvido em primeiro lugar; todas as outras questões pertencentes à interpretação da física são obviamente dependentes desta e devem, portanto, aguardar sua vez.

*

Precisamos reconhecer, acima e antes de qualquer ciência, qualquer filosofia e qualquer perquirição racional, que o mundo existe e que é conhecido em parte. Não que exista necessariamente, no sentido específico que certos cientistas e filósofos imaginaram dar a essa existência - ou à falta dela - mas, precisamente, como algo que pode e deve, eventualmente, apresentar-se à nossa inspeção. Há uma espécie de necessidade lógica para que ele se mostre, pelo fato de pertencer à própria noção de mundo o ser parcialmente conhecido - da mesma maneira que pertence à natureza do círculo encerrar uma porção do plano. Ou, para colocar de outra maneira: se o mundo não fosse conhecido em parte, ele cessaria, por esse fato mesmo, de

ser o mundo — ao menos o ‘nosso’ mundo. Num certo sentido, pois - que pode, contudo, ser mal interpretado com grande facilidade! - o mundo existe ‘para nós’; ele está aí para ‘nosso exame’.

É evidente que tal inspeção é efetuada por meio de nossos sentidos, através da percepção; só o que precisa ficar claro é que percepção não é sensação pura e simples, o que

significa dizer que não é apenas uma recepção passiva de i magens ou um ato desprovido de inteligência humana. Mas, independente de como o ato é consumado, persiste o fato de que percebemos as coisas que nos rodeiam e, se as circunstâncias permitirem, podemos vê-las, tocá-las, ouvi-las, saboreá-las e cheirá-las, como todos sabem perfeitamente bem.

E, portanto, inútil e perfeitamente vão falar do mundo como algo que não é percebido e que seja em princípio imperceptível - e, a par disso, é uma ofensa à linguagem, assim como quem falasse que o oceano é seco ou que a floresta é vazia. Isso porque o mundo é concebido como precisamente o repositório das coisas perceptíveis; ele consiste de coisas as quais, apesar de não precisarem ser efetivamente percebidas a todo instante, *podem* não obstante sê-lo sob condições adequadas e este é o ponto fundamental. Por exemplo, eu percebo agora a minha escrivaninha (por meio dos sentidos da visão e do tato) e quando sair do escritório deixarei de percebê-la. Mas a questão é que tão logo eu retorne, poderei percebê-la de novo. Como tão bem observou o Bispo de I {erkeley, dizer que um objeto corpóreo existe não é o mesmo que dizer que ele é percebido, mas que ele pode e será perce-liido em circunstâncias apropriadas.

Esta é a verdade crucial, apesar de frequentemente esquecida, que embasa sua celebrada máxima *‘Esse est per-cipi* (‘Ser é ser percebido’) - não obstante o fato desta afirmação bastante elíptica se prestar a uma interpretação idealista ilegítima. Este perigo — do qual caiu vítima o próprio

bispo irlandês [1] — tem sua principal raiz em que o *percipi* na fórmula de Berkeley poder facilmente ser mal entendido. Como já fiz notar, a mera sensação pode ser erroneamente tomada no lugar da percepção e é isso o que a maioria dos filósofos fizeram, desde o tempo de John Locke até o século XX, quando finalmente essa interpretação crua e deficiente foi submetida a exame e descartada pelas principais escolas.

*

Mesmo reconhecendo o fato de que percebemos os objetos externos, é forçoso admitir que somos capazes de percebê-los apenas parcialmente e que o ente em sua, digamos, integralidade, permanece oculto de nossa vista. Assim, no caso de maior importância, que é o da percepção visual, normalmente o que fica exposto é apenas sua aparência exterior, o interior escapando à vista. Pode parecer a alguns que, para que fosse válida a percepção de um objeto, ele teria que ser passível de ser percebido integralmente - o que, se se desse realmente, implicaria obviamente em não termos a capacidade de perceber coisa alguma, nunca. Ora, sendo assim, não viria essa circunstância - a de que percebemos os objetos apenas parcialmente - a reforçar a hipótese de que

Hetivamente percebemos os objetos externos, ao invés de re-Iorçar a visão ‘tudo ou nada’ acerca do que é a percepção?

A verdade é que manifestar-se apenas em parte é imanonte à própria natureza do objeto, assim como, por analogia, é da natureza do círculo deixar de fora uma porção indefinida do plano. Existe um ‘princípio da indeterminação’ simples e óbvio que opera sobre o familiar mundo corpóreo, alirmando que neín o mundo exterior como um todo e nem o mais insignificante objeto dentro dele podem ser conhecidos mi percebidos ‘sem resíduo’. Ademais, esta não apreensão in-I cgral do objeto não se dá unilateralmente por conta de cer-la incapacidade da parte do observador humano, mas também pela própria natureza do ente corpóreo em si. É claro que sempre é possível perceber mais e, por conseguinte, aumentar nosso conhecimento perceptivo, assim como é possível alargar um círculo; o que, todavia, não é possível, é ‘esgotar’ o objeto pela via da percepção - alargar o círculo até que ele deixe de excluir um ‘remanescente infinito’ do plano, pois temos que assinalar que um objeto corpóreo com a capacidade de ser ‘completamentc percebido’ cessaria de ser um objeto corpóreo, do mesmo modo como um círculo ‘sem exterior’ deixaria de ser círculo.

De maneira simples: se pudéssemos ‘lançar o olhar para o mundo’ com o Olho de Deus, o mundo como tal deixaria incontinenti de existir, da mesma maneira que os instantâneos numa tela de cinema desapareceríam no momento cm que uma luz suficientemente intensa fosse projetada.

A metáfora a respeito do cinema não pode certamente ser levada muito longe, já que, se Deus “visse” o mundo corpóreo, tal “percepção” obviamente não suprimiria o conteúdo do mundo. Mas, ainda que restasse algo dos entes corpó-reos, estes não constituiriam o que um observador onisciente, por si só, enxergaria. Novamente, a questão é que um objeto corpóreo ‘conhecido integralmente’ cessaria

imediatamente de ser corpóreo. Devemos ter em mente que esses entes — por definição, se quisermos — existem ‘para nós’ como coisas a serem investigadas por meio da percepção.

O ponto é que ‘nós’ entramos em cena de alguma maneira - não, a esse respeito, como objetos, mas precisamente como sujeitos. Apesar de essa presença subjetiva poder, de fato, ser olvidada ou ignorada, ela não pode ser exorcizada, o que significa dizer que, sob um olhar mais atento, ela está fadada a mostrar-se na natureza do próprio objeto. O objeto apresenta necessariamente, de várias maneiras, as marcas dessa relatividade, de ser, por assim dizer, orientado em direção ao observador humano.

Acabamos justamente de considerar uma dessas ‘marcas’: a de que é próprio do objeto ser conhecido ou percebido apenas em parte. E, além do fato de nossa percepção ser sempre parcial, é igualmente evidente que o que percebemos possui irremediavelmente um caráter ‘contextual’, relativo. Também isso constitui uma característica inalienável do objeto mesmo. Em outras palavras, os atributos de um objeto corpóreo são, sem exceção, contextuais em certa medida.

Examinemos a questão: por exemplo, a forma espacial que percebemos de um corpo depende da nossa posição em relação a ele, do mesmo modo que a cor percebida depende da luz sob a qual o objeto é visto. Mas, ao passo em que o caráter relativo da forma é normalmente aceito sem receios, as pessoas sentem-se propensas a argumentar que, na medida em que a cor é um ‘atributo contextual’, ela deve ser tomada como um ‘atributo secundário’, no sentido que dá Descartes. Mas, por quê? O que impede um atributo contextual de ser objetivamente real? A resposta é que

nada o faz - contanto que esposemos uma noção realista do que seja a objetual idade.

Ao considerarmos o caráter contextual da forma espacial, é evidente que as formas bidimensionais podem ser tomadas como projeções de uma ‘forma’ tridimensional invariável. Contudo, por invariável que seja aquela forma tridimensional - e, na verdade, qualquer dos chamados atributos primários - eles são forçosamente contextuais também, mas num sentido mais profundo. Um atributo, afinal, é nada mais nada menos que uma característica observável numa interação. A massa, por exemplo, é uma característica observável em interações gravitacionais e inerciais: diz-se que um co^po encerra tantos gramas de massa se, quando colocado em uma balança, observamos no ponteiro o desvio correspondente.

No caso dos atributos qualitativos, o princípio é o mesmo. A cor, por exemplo, também é uma ‘característica observável de interação’, já que, como sabemos, a cor de um objeto é percebida quando este interage ao refletir um feixe de luz incidente. Certamente existe uma enorme diferença entre os atributos qualitativos e os quantitativos, uma diferença de ‘categoria’, na verdade [2]. A vermelhidão, por exemplo, diferentemente da massa, não é algo que possa ser deduzida de leituras de ponteiros, mas algo, ao contrário, diretamente percebido. Não pode ser quantificada, portanto, nem introduzida numa fórmula matemática e, consequentemente, não pode ser concebida como um ente matemático invariante. E, contudo, a vermelhidão, também ela, é um caso de invariante, já que, com efeito, se um objeto vermelho for visto sob luz branca por um observador apto, ele se mostrará vermelho — sempre!

Contudo, os dois os tipos de atributos não se limitam a ser apenas inegavelmente contextuais: são ambos igualmente objetivos, a cor não menos que a massa. Ser objetivo, afinal, é pertencer ao objeto. Porém, o que é um objeto corpó-reo, senão uma coisa que manifesta atributos - ambos, quantitativos e qualitativos, sem dúvida - dependentes das condições nas quais ele seja colocado? O objeto, portanto, muito longe de ser uma *res extensa* cartesiana ou uma *Ding an sich* kantiana é, na verdade, concebido e definido em termos de seus atributos. De maneira mais precisa: o objeto concreto é idealmente especificado em termos de todo o conjunto de seus atributos; mas, ao passo que cada um desses

atributos é em princípio observável, está na natureza das coisas que a maioria deles permaneça para sempre sem ser observado efetivamente.

O que precisamos entender acima de tudo é que nada no mundo 'simplesmente existe', que existir é precisamente entrar em interação com outras coisas, incluindo observadores. O mundo, por essa razão, não deve ser entendido como a mera coleção de incontáveis entes individuais existentes de per si - sejam eles *res extensae,* 'átomos', ou o que queiram - devendo antes ser visto como uma unidade orgânica na qual cada elemento existe numa relação com todos os outros e, portanto, numa relação com a totalidade, a incluir também, necessariamente, um pólo consciente, subjetivo. Essa descoberta fundamental, ademais, que muitos hoje em dia associam às recentes descobertas da física quântica - ou, a propósito, com o misticismo oriental - pode muito bem ser feita a "olho nu", digamos, pois ela diz respeito tanto ao mundo corpóreo percebido pelos sentidos quanto ao recém descoberto domínio da física quântica. Só que por alguns séculos ficamos impedidos de enxergar as coisas dessa maneira

devido a preconceitos e distorções advindos de concepções de tipo cartesiano.

4

Poder-se-ia levantar a objeção de que os atributos quantitativos, tais como a massa, mesmo sendo contextuais,

são, não obstante, concebíveis como existentes no mundo exterior, ao passo que o mesmo não ocorre, pretensamente, no caso de uma ‘qualidade perceptiva’ tal como a vermelhidão. Conseqüentemente, poderiamos conceber um ‘universo puramente objetivo’ - onde não houvesse quaisquer observadores— com a condição de não conter nenhum ‘atributo qualitativo’ (como a vermelhidão).

Examinemos essa linha de pensamento. Para começar, não se pode menos que concordar que a idéia de uma qualidade, como a vermelhidão, carrega uma referência à percepção, o que significa dizer que a vermelhidão é inesca-pavelmente algo que se percebe. Mas daí não se deduz de maneira alguma que uma coisa tenha que ser efetivamente percebida para poder ser dita vermelha; isso porque é sem dúvida correto chamarmos vermelhas coisas ainda não percebidas, querendo com isso dizer que elas se mostrariam vermelhas se fossem percebidas (tudo isso, claro está, sob a condição de serem vistas sob luz apropriada e por um observador apto). A afirmação de que um dado objeto seja vermelho é, portanto, condicional, e é precisamente em virtude desta condicionalidade que a veracidade da afirmação independe de o objeto ser ou não observado de fato. Pode-se, consequentemente, ficar seguro de que uma maçã madura, por exemplo, seja vermelha mesmo sem ter ninguém no pomar que a perceba. E se a vida inteligente desaparecesse repentinamente da Terra,

não haveria nenhuma razão para duvidar que a maçã continuaria sendo vermelha.

Há então um sentido em se dizer que um universo repleto de atributos qualitativos existe verdadeiramente mesmo na ‘ausência de observadores humanos’. A questão, ao contrário, é se podemos afirmar *mais* do que isso em relação a um universo imaginado do qual todas as qualidades tenham sido apagadas. Ora, deve-se com certeza admitir que atributos quantitativos, como a massa, por exemplo, se referem menos diretamente à percepção (seja visual, tátil ou qualquer outra) do que a cor e, obviamente, é essa a razão pela qual é mais fácil atribuir à primeira o caráter de atributo ‘primário’ no sentido cartesiano clássico; porém, não se deve esquecer que os atributos quantitativos com os quais a Tísica lida são, afinal de contas, definidos empiricamente, isto é, sua definição traz necessariamente uma referência à percepção sensitiva, por mais indireta e remota que seja. É verdade que a massa de um corpo não é diretamente percebida e, nesse aspecto, a massa difere da cor (apesar de que uma estimativa aproximada possa às vezes nos ser dada pelo sentido cinestésico). Mas também devemos notar que a medição ou ‘observação’ da massa é consumada necessariamente por um ato perceptivo. Afirmar que um corpo tem tal (- qual massa é dizer que uma medição fornecerá o valor em questão, ou áeja, uma vez mais é dizer que, se procedermos ii uma determinada operação, *então* uma percepção sensitiva correspondente terá lugar - por exemplo, perceberemos esta ou aquela leitura numa balança. O caso da massa, por conseguinte, e o dos demais atributos chamados primários,

não difere tanto assim daquele da cor quanto os cartesianos podem pensar, já que nos dois casos a predicação do atributo (um tanto de massa, ou tal ou qual cor) constitui

uma asserção com exatamente a mesma forma lógica. Uma massa, não menos que uma cor, é, em certo sentido, uma potência a ser atualizada através de um ato inteligente que envolve a percepção sensitiva. Mas, como potência, ambas existem no mundo exterior, ou seja, cada uma *existe,* visto que cada uma é uma potência. Isso é tudo o que podemos pedir logicamente ou esperar razoavelmente de um atributo: pedir mais seria o mesmo que pedir que fosse e não fosse atualizado ao mesmo tempo.

Logo, no que tange à objetividade e à independência em relação ao observador, os casos da massa e da cor estão no mesmo pé: ambos os atributos são de fato objetivos e independem do observador no sentido mais forte dos termos. Apenas, no caso da massa e de outros atributos ‘científicos’, a complexidade envolvida na definição torna mais fácil — psicologicamente, poderiamos dizer - esperar o impossível: esquecer que o mundo está aí ‘para nós’, como um campo a ser sondado através do exercício de nossos sentidos.

*

Pode ser instrutivo refletir sobre a existência de percepções ‘‘ilusórias”: por exemplo, quando assistimos a um filme ou programa de televisão, percebemos - ou assim nos parece - objetos que não estão realmente presentes: não existem montanhas ou rios dentro da sala do cinema nem homens atirando uns nos outros na nossa sala de estar; mesmo assim, percebemos essas coisas como se fossem reais. Será que isso não se presta a uma interpretação bifurcacio-nista? Não será isso indicativo de que o conteúdo de nossa percepção seja na verdade subjetivo, uma mera fantasia situada de alguma forma na mente, no ser que percebe?

Ora, isso certamente prova que aquilo que percebemos *pode* ser subjetivo, isto é, prova que existe algo como uma ‘ilusão de ótica’ ou uma percepção falsa. Mas provará isso que toda percepção seja ilusória ou falsa? Obviamente não. Porque o fato mesmo de que falemos a respeito de uma ilusão de ótica ou de uma percepção falsa indica que devem existir também percepções as quais *não* são ilusórias, não são falsas.

Qual, então, a diferença entre os dois casos? A diferença, claramente, é que uma percepção verdadeira ou autêntica satisfaz a ‘critérios de realidade’ apropriados. Se percebo um rio, a questão é: posso pular nele? E se percebo um cavalo, a questão é: posso montar nele? Assim, a cada ato que pareça ser a percepção de um ente corpóreo, vem associado um conjunto de ‘expectativas operacionais’ que podem em princípio ser testadas. E se, em caso de dúvida, um subconjunto razoável destas tiver sido posto à prova e verificado, pode-se afirmar que a coisa em questão é de fato aquilo o (pie nossa percepção indica: se eu posso montar, atar a uma

carroça e alimentar com feno, então é um cavalo. Logo, fica claro que minha percepção inicial do cavalo não era ilusória mas verdadeira. Esses são os critérios de realidade em termos dos quais se podem distinguir entre percepções verdadeiras e falsas. Não deixemos de notar que a validação de uma determinada percepção é efetuada forçosamente por outras percepções, por mais circular que este procedimento pareça a um teórico.

Mesmo assim, quando um adepto da teoria da bifurcação nos informa que as percepções são ilusórias ou subjetivas, ele não quer dizer que sejam ilusórias ou falsas no sentido usual. Para o filósofo cartesiano, cada uma das minhas percepções da escrivaninha na qual escrevo são tão

ilusórias quanto as percepções de montanhas ou rios numa sala de cinema, por serem ambas, segundo crê, fantasmas de conteúdo privado. Claro que o cartesiano também distingue percepções que são verdadeiras das que são falsas no sentido usual. Ele o faz supondo que, no caso de uma percepção verdadeira, de fato existe um objeto externo, o qual corresponde ao objeto percebido de maneira peculiar: de acordo com esta filosofia, existem na verdade duas escrivaninhas: a “mental” que eu percebo e a exterior que eu não percebo. E elas são bem diferentes: a primeira é marrom, porém, privada de extensão, enquanto a segunda possui extensão, mas, não é marrom. Em que pesem essas diferenças, as duas são supostamente parecidas em alguns aspectos: se a escrivaninha que eu percebo parece ter um tampo retangular, a escrivaninha exterior tem um tampo retangular também e por aí vai. Todas essas reivindicações cartesianas são, contudo, puramente conjeturais, o que significa dizer que é, em princípio, impossível certificar-se de que sejam verdadeiras. Para ser mais exato: se o dogma da bifurcação fosse verdadeiro, então a teoria da percepção dos ‘dois objetos’ que a ele corresponde seria por isso mesmo inverificável, pela óbvia razão de que não haveria jamais uma maneira de descobrir se o objeto exterior existe - isso para não falar da sua suposta similaridade geométrica com o objeto da percepção.

Um único objeto é tudo o que observamos e a hipótese de que sejam dois é perfeitamente gratuita. A teoria da percepção dos ‘dois objetos’, não menos do que a doutrina da bifurcação na qual ela repousa, constitui, portanto, uma premissa metafísica que não pode ser nem verificada nem desmentida por quaisquer meios empíricos ou científicos.

Nossa questão era saber se o fato de existirem percepções ‘ilusórias’ no sentido ordináriíXdava suporte à argumentação bifurcacionista e agora ficou claro que a resposta ó negativa. O fato de existirem ilusões de ótica e percepções alucinatórias não indica que no caso de uma percepção ordinária existam realmente dois objetos, como requer a filoso-*i* , _

lia cartesianq/ De fato, o caso parece ser o contrário, porque

se uma ilusão de ótica ou uma alucinação é caracterizada pelo fato de que o ato perceptivo fracassou, então isso implica que, no caso das percepções normais, o ato não fracassa. l*ode-se supor, portanto, que o que percebemos é precisamente o objeto externo.

É preciso então perguntar por que o pensamento ocidental foi dominado durante tanto tempo pela filosofia car-tesiana, uma especulação que contradiz nossas intuições mais básicas e a favor da qual, de saída, não pode haver nenhuma evidência. E por que deveria logo o cientista, dentre todas as pessoas, esposar essa doutrina quimérica, a qual forçosamente torna impossível conhecer o mundo exterior por meios empíricos? O esperado seria que ele desprezasse as especulações cartesianas como sendo o mais vão dos sonhos, e como, dentre todas as fantasias metafísicas, a mais hostil aos seus propósitos. Em que pese tudo isso, é notório que desde o século XVII o cartesianismo e a física têm andado estreitamente unidos; tão unidos que, para o observador leigo, pode parecer que o dogma da bifurcação constitua de fato uma doutrina científica, amparada ainda pelo peso decisivo das investigações físicas. Afinal de contas, foi o próprio Newton quem atou o nó nesta singular disputa, e o fez tão bem que até o

presente a união tem se provado virtualmente indissolúvel[1].

Não obstante, nem a premissa cartesiana nem sua associação com a física chegam a ser novidades completas, pois parece que o primeiro adepto declarado da bifurcação na história do pensamento foi ninguém menos que Demócrito de Abdera, o reconhecido pai do atomismo. 'De acordo com a crença vulgar', declara ele, 'existem a cor, o doce e o amargo; [3] mas, na verdade, só o que há são átomos e o vazio.'[4] Há uma conexão necessária entre as duas metades da doutrina, já que aquele que explica o universo em termos de 'átomos e vazio' precisa antes de tudo negar a realidade objetiva das qualidades percebidas através dos sentidos. Como Descartes observou com admirável clareza:

Pode-se facilmente conceber como o movimento de um corpo pode ser causado pelo de outro, e se fazer variar pelo tamanho, figura e situação de suas partes, mas somos totalmente incapazes de conceber como essas mesmas coisas [tamanho, figura e movimento] poderíam produzir alguma outra coisa de natureza estranha a elas mesmas, como, por exemplo, aquelas formas substanciais e as qualidades reais que muitos filósofos supõem estarem presentes nos corpos [5].

Acrescentemos que, muito embora Descartes não tome

0 atomismo como um modelo da realidade externa, a diferença é bastante irrelevante no que toca ao ponto em discussão, visto que, quer pensemos em termos de uma *res exten-sae* contínua ou em termos dos átomos de Demócrito, a passagem citada basta para explicar por que uma física integral — uma que pudesse entender o universo 'sem resíduos'- se vê obrigada a abraçar a tese da bifurcação, quase como um 'mal necessário', pode-se dizer.

Deve-se, contudo, notar que os benefícios da bifurcação são mais aparentes do que reais, em virtude de o cartesianismo ser forçado, em última instância, a admitir a existência da coisa mesma a qual ‘somos totalmente incapazes de conceber’. Isso se dá quando entra em cena o processo da percepção, no qual as qualidades percebidas pelos sentidos, por mais privadas ou ilusórias que sejam, são evidentemente causadas (por força das hipóteses adotadas) pelas ‘partículas em movimento’. Gostemos ou não, nos vemos obrigados a explicar a maneira pela qual ‘essas mesmas coisas podem produzir alguma outra coisa de natureza estranha a elas mesmas’ e devemos necessariamente admitir no fim que ‘somos totalmente incapazes de conceber’ como tal coisa é possível. Não se obtém, conseqüentemente, nenhuma vantagem filosófica do postulado da bifurcação, o que significa que as reivindicações totalistas da física precisam ser abandonadas *in limine.* Em suma, não é possível entender ou explicar tudo, exaustivamente, em termos puramente quantitativos.

Voltando a Demócrito, é digno de nota que sua posição tenha sido vigorosamente combatida por Platão e subsequentemente rejeitada pelas mais importantes escolas filosóficas até o advento dos tempos modernos, e isso significa que os postulados gêmeos do atomismo e da bifurcação po-dom naturalmente ser classificados como ‘heterodoxos’. Mas, como também se sabe, velhas heresias nunca morrem — elas apenas aguardam a oportunidade e, com o retorno de condições favoráveis à sua aceitação, são sempre redescobertas e reafirmadas entusiasticamente. No caso de Demócrito, veri-lica-se que sua doutrina foi restaurada no século XVII, após um lapso de uns dois mil anos, e é interessante reparar que as duas metades da teoria reaparecem aproximadamente ao mesmo tempo. Galileu, o qual fazia distinção entre os chamados atributos primários e secundários e que se inclinava para o

atomismo, foi talvez o primeiro porta-voz desse reflo-rescimento. Ao passo que Descartes propunha a bifurcação pensando a matéria fundamentalmente como contínua, descobre-se que Newton já se aventurava a especulações químicas de natureza atomística. Apenas que naqueles primeiros tempos os físicos não dispunham de meios para tornar quan-tificáveis suas especulações atomísticas e colocá-las à prova. Gom efeito, não foi até finais do século XIX que os 'átomos' puderam colocar-se ao alcance da experiência. Mesmo assim, durante todo esse tempo, a concepção atomística desempenhou um papel heurístico decisivo. Como bem pontifica Heisenberg: "A mais forte influência sobre a física e a química nos séculos recentes foi, sem dúvida alguma, exercida pelo atomismo de Demócrito." [6]

Ao longo do século XX, contudo, o quadro começou a mudar. Primeiro que tudo, uma série de grandes e influentes filósofos finalmente aparecem em cena — Husserl, Whitehead e Nicolai Hartmann, por exemplo — para desafiar e refutar as premissas cartesianas. A par disso, outras filosofias que entravam em voga, tais como o pragmatismo, o neopositivismo e o existencialismo, nem tocavam no axioma da bifurcação. Logo, seja pela refutação, seja pelo olvido, pode-se dizer que o cartesianismo foi abandonado pelas principais escolas.

No mundo científico, por outro lado, a doutrina atomis-ta de Demócrito se acha sob ataque, ao passo que a premissa bifurcacionista tem permanecido virtualmente incontesta-da. Mesmo no que diz respeito ao atomismo - o qual está patentemente em desacordo com os recentes achados da física de partículas—, acaba que não poucos físicos de ponta permanecem implicitamente democritianos em sua *Weltanschauung,* motivo precisamente pelo qual Heisenberg lamenta que "Hoje na física das partículas

elementares, a boa física tem sido inconscientemente corrompida pela má filosofia.” [7] Poucos percebem, todavia, que ambas as metades desta ‘má filosofia’ estão conosco ainda e que devem ser abandonadas se quisermos dar um significado filosófico à física atual.

Entrementes, é a hipótese da bifurcação que constitui o problema maior. Em primeiro lugar, a bifurcação é muito mais fundamental e, consequentemente, muito mais difícil de ser apreendida; mas, ainda mais importante, ela acaba HPIKIO a premissa sobre a qual se funda a concepção de uma física integral. Os físicos podem passar bem sem o atomis-iiiii, mas são, em geral, relutantes em renunciar às suas reivindicações universalistas e, portanto, estão comprometidos, gostando ou não, com a hipótese cartesiana. [8]

*

Se o ato da percepção nos coloca efetivamente em con-lato com o mundo exterior - como alego - subsiste a ques-Líio, certamente, de como esse prodígio é efetuado. No caso da percepção visual, ao qual podemos restringir nossa atenção, existe sem dúvida a imagem perceptiva de um objeto externo; não obstante, o que percebemos de fato não é a imagem como tal, mas, precisamente' o objeto. Nós ‘vemos’ a imagem, mas percebemos o objeto. Em certo sentido, nós percebemos mais do que aquilo que vemos, mais do que nos ó dado ou é por nós recebido passivamente, porquanto conclui-se que a percepção não é a sensação nua e crua, mas sim, uma sensação catalisando um ato inteligente.[9]

Deve-se notar, entretanto, que o ato perceptivo não é racional e nem depende do uso de raciocínio: não há absolutamente nenhum raciocínio envolvido ao perceber-se

um objeto. Se o ato perceptivo dependesse do raciocínio, ele se re-duziria a uma interpretação de imagens representativas de objetos exteriores; e isso implicaria, em primeiro lugar, em o objeto ser conjetural - ele seria concebido em vez de percebido— e, em segundo lugar, que a imagem, por sua vez, seria vista como mera imagem, o que de fato não ocorre. A questão é a seguinte: no ato de percepção a imagem não é vista como imagem meramente, mas como uma parte ou aspecto do objeto; ela é vista como algo pertencente ao objeto, da mesma maneira que a face de um homem pertence ao homem. A imagem se transforma, portanto, em mais do que uma imagem: ela é percebida como uma faceta, um atributo, um aspecto de uma coisa que transcende infinitamente a imagem como tal.

Em tais circunstâncias, essa transição decisiva (da imagem para o atributo) é algo que a razão ou o raciocínio não podem efetuar e nem mesmo compreender, o que bem pode ser a causa de tanta dificuldade por parte dos filósofos ao se confrontarem com o problema da percepção. Via de regra, temos nos esquecido de que existe uma inteligência que é intuitiva, direta e instantânea em sua operação, uma inteligência que não tem necessidade do pensamento dialético e discursivo, indo direto ao alvo como uma flecha. Menos ainda nos damos conta de que esta elevada faculdade já esquecida (que os antigos chamavam ‘intelecto’) é operativa e, na verdade, desempenha o papel central no ato da percepção sensitiva. A imagem e o objeto podem, para o pensamento discursivo, permanecer para sempre separados (um amputado do outro, poderiamos dizer), pois o próprio da faculdade do raciocínio é o analisar, o dissociar. Assim, na ausência do intelecto, se fôssemos providos com não mais do que uma capacidade para a recepção passiva de imagens adicionada à faculdade da razão, a percepção autêntica seria impossível, o que significa dizer que o mundo exterior seria para nós

um mero conceito ou hipótese especulativa. Como Descartes, nunca poderiamos vê-lo, tocá-lo, ouvir seus sons.

E pela atuação do intelecto que, no ato da percepção, o objeto percebido vem a associar-se Com o ser *percipie*nte, supondo - claro está - que seja uma percépção válida, genuína, ressalva que se faz necessária em vista de que um ato de percepção pode falhar, como vimos, no caso de uma ilusão de ótica ou de uma alucinação. Como falariam os antigos, o ato de percepção pode falhar por não ser puramente intelectivo, mas por 'participar' apenas do intelecto; seja como for, essas não são questões das quais nos ocuparemos por ora. Para o presente, basta ter em mente o fato de que existe um modo de inteligência não ligada ao raciocínio, pelo qual é efetuada a transição da imagem para o objeto e que a razão (ou o pensamento disnursivo) simplesmente não está à altura da tarefa. Ressalvemos com vigor que isso não implica de maneira alguma que exista algo irracional no ato perceptivo ou, melhor dito, no reconhecimento crítico de que de fato lançamos nosso olhar para o mundo exterior.

Não é descabido observar, aproveitando o que dissemos a respeito da inteligência humana, que a redução do intelecto à razão (falácia do racionalismo) constitui provavelmente a principal afronta, não apenas de René Descartes e seus seguidores mais imediatos, mas talvez de toda a filosofia moderna. Isso porque até as escolas anti-racionalistas, tais como o pragmatismo e o existencialismo, pressupõem a mesma redução, a mesma negação racionalista do intelecto. Seja como for, uma vez assumida essa hipótese fatal, nós somos pegos numa dicotomia que não pode ser resolvida de jeito algum. O mundo exterior da matéria e o mundo interior da mente perderam de maneira patente a, por assim dizer, conexão entre eles, e isso significa, na verdade, que o universo e nossa posição dentro dele

tornaram-se *de fado* ininteligíveis. Faz parte da natureza da razão analisar -dissociar, até - o que o próprio Deus dispôs como já unido. Logo, não surpreende que uma *Weltanschauung* baseada tão-somente na razão termine numa ruptura além da possibilidade de remendo. O intelecto, por outro lado, revela a unidade subjacente de todas as coisas, trazendo à luz os laços profundos que as ligam desde sempre. O que a razão não é capaz de unir, por mais que faça todo esforço possível a seu alcance, o intelecto restaura num abrir e fechar de olhos.

Ora, o clássico exemplo desta façanha maravilhosa é, sem dúvida, o ato ordinário e humilde da percepção sensitiva; o ato, por exemplo, de olhar para uma maçã. O fosso entre sujeito e objeto - o abismo epistemológico que desconcertou um Descartes e um Kant - é atravessado, digo eu, num piscar de olhos. Qualquer criança consegue realizar esse milagre - e, de fato, o faz, o que, por outro lado, não diminui em nada sua grandeza. Pois que isso é e continua sendo um prodígio: mesmo a maçã estando fora de nós, conseguimos percebê-la. Como disse Aristóteles, no ato de conhecer ‘o intelecto e seu objeto se unem’.

Que ninguém negue o milagre: ‘através’ da imagem (‘como por um espelho’) nós percebemos o objeto mesmo, a coisa exterior. E que não haja enganos a esse respeito: o término do ato intencional não é simplesmente outra imagem ou uma representação subjetiva, mas o próprio objeto: o que percebemos é precisamente a maçã, e não apenas um quadro ou um conceito ou uma idéia de maçã. Porém, é claro que nosso conhecimento é incompleto: ‘Por ora vemos como por um espelho, de maneira obscura; ... nada conheço agora, senão imperfeitamente’ (1 Cor. 13:12).

Não é de pouca monta o que transparece nesses atos familiares do cotidiano, a inteligência manifestada neles

é misteriosa: um poder tão admirável que sua própria existência em nosso íntimo desvirtua nossas noções usuais do que seja o homem e de como ele se formou.

Consideremos agora como é comumente encarado o ato perceptivo. Um estímulo exterior nos chega sobre um órgão do sentido (a retina, digamos) e ocasiona uma corrente de informação codificada que se transporta através de trilhas de neurônios até os centros cerebrais apropriados. Mas, o que acontece então? Talvez a maioria dos cientistas ainda espose a velha posição materialista ou 'monista' de que o cérebro é tudo, ou seja, a vida psíquica é vista como um epi-fenômeno da função cerebral. Não obstante, um número crescente de neurofisiologistas e estudiosos do cérebro, incluindo algumas autoridades de destaque, passaram a acreditar que a posição monista é insustentável, e que os fenômenos da percepção e do pensamento podem ser explicados somente mediante a suposição de que, além do cérebro, também existe um 'segundo elemento': a mente. Como um conhecido neurocirurgião colocou:

Porque parece cerlo que jamais será possível explicar a mente com base em ações neuronais dentro do cérebro, e porque me parece que a mente se desenvolve e malura independenlemenle durante toda a vida do indivíduo como se fosse um elemento contínuo, e porque um computador (como é o cérebro) precisa ser operado por um agente capaz de entendimento independente, sou forçado a ficar com a posição de que o nosso ser deve ser explicado com base em dois elementos fundamentais. [10]

Podemos sentir-nos fortemente tentados a considerar o segundo elemento, a mente, como uma espécie de *ghost within the machine* [11] - talvez porque não se saiba de que outra forma seja possível concebê-la. E isso coloca em jogo

a in-quietante ideia de um agente capaz de decifrar os estados de um bilhão de neurônios e integrar essa massa de dados numa imagem percebida - tudo numa fração de segundo! Porém, não é a velocidade da operação nem sua complexidade que nos desconcerta, mas sua natureza, pois, nem um poderoso maquinário nem um observador humano pode-riam, sequer remotamente, executar tal tarefa.

Mas, suponhamos que, de alguma maneira, a mente seja capaz de 'ler o computador', de transformar a informação neuronal em uma imagem perceptiva. O que segue daí? O processo que resulta do ato perceptivo equivalería aí a um observador assistindo a monitores conectados a uma fonte externa. Poderiamos ficar satisfeitos com isso, pensando que ao menos chegamos a um modelo viável. Mas isso não satisfaz, pois o que o observador está a perceber obviamente é uma imagem num monitor, nunca o objeto exterior. Ora, do ponto de vista da teoria da informação, isso não constitui problema algum e não há, de fato, diferença significativa entre supor que o observador percebe o mundo exterior ou supor que não. Por exemplo, se for uma questão de ler um instrumento, é evidentemente irrelevante se estamos a olhar para uma tela ou diretamente para uma balança. Mas aí, o que estamos procurando entender não é a mera transmissão de informação no sentido que daria um engenheiro elétrico, mas o fenômeno da percepção, que é algo inteiramente diferente - em que pese o fato dela obviamente acarretar uma transmissão deste tipo. Devemos ter em mente que a percepção autêntica tem seu término não numa mera imagem, mas num aspecto da própria coisa exterior. E aqui sucumbe o modelo observador/monitor: não há como contornar o fato de que o que o observador percebe é o monitor e somente ele. Em suma, tal modelo, como está, acaba apelando inescapavelmente à bifurcação. Ele pode

fazer jus ao cérebro, mas peca em compreender o segundo elemento, a mente e suas faculdades.

Existe uma antiga crença de há muito esquecida que diz que o olho dirnana um “raio” que se encontra com o objeto. Mas, por mais que essa ideia nos espante hoje em dia, como se fosse apenas mais uma ‘superstição primitiva’, não seria possível que a propagação aferente desde o objeto até o *percipie*nte precisasse ser complementada por um processo eferente, uma propagação na via contrária? E, se a ciência não encontrou nenhum traço de tal “raio” eferente, não se deveria isso ao fato de seus métodos serem inapropriados para detectar esse processo? Nesse caso, em sendo *‘materiaY* a propagação aferente, não podería a que é eferente ser, digamos, de tipo ‘mental’? A mim parece claro que, quando se trata do problema da percepção, raramente estamos em posição de descartar doutrinas ‘estranhas’. Tudo o que sabemos até aqui é que as peças presentemente sob alcance da ciência não se encaixam, o que parece implicar que a peça faltante *deva* ser de fato ‘estranha’. Chame de ‘mente’, ‘alma’ ou o que queira; como observou Sir Charles Sherrington: “Ela flui por nosso mundo espacial de maneira mais tênue do que um fantasma. Invisível, intangível, é uma coisa que' nem mesmo tem contornos, nem chega a ser uma coisa.” [ia] Não se pode menos que concordar com o eminente neurofi-siologista quando ele diz que a ciência “fica impotente para lidar ou descrever” essa presença tão fugidia e enigmática, através da qual aparentemente se consuma o ato da percepção.

*

Devemos, a partir de agora, entender o ‘mundo corpó-reo’ como o somatório das coisas e eventos que podem ser percebidos diretamente por um ser humano normal no exercício de sua visão, de sua audição e de seus sentidos do

tato, paladar e olfato, ou seja, que o domínio corpóreo é nada mais nada menos que o mundo real no qual normalmente nos encontramos. Não obstante, é claro que esta afirmação, sim_ /'

12 *MaJ ou bis Nii/urr* (í'ambridge: Cambridge Univ. Press, 1951), p.256.

pies e até óbvia, será imediatamente contestada por um adepto do princípio da bifurcação, sob o argumento de que o que realmente percebemos não é, de forma alguma, um mundo, uma realidade externa, mas um fantasma de cunho privado, do qual apenas certos elementos quantitativos têm significado objetivo. Dito de outro modo, nega-se um status objetivo exterior ao que tomamos, num nível pré-filosófico, como sendo o mundo - para, abertamente - dar lugar ao mundo como concebido por um físico. Muito ao contrário, reconhecendo o que chamamos de princípio da não bifurcação, fazemos uma redescoberta (ou reafirmação) do mundo cor-póreo, um mundo o qual, de acordo com Descartes e seus discípulos, não existe.

Na realidade, é evidente que ninguém jamais presta a mínima atenção ao que dizem as autoridades de tipo cartesiano. Em nossas vidas diárias não questionamos nem muito menos negamos a autenticidade do mundo percebido pelos sentidos. Todos mantêm suas atividades firmes na convicção de que, como afirma o mestre Zen, 'Montanhas são montanhas e nuvens são nuvens'. Porém, mesmo assim, a maioria de nós tem seus momentos cartesianos. Experimente, por exemplo, persuadir um professor universitário ou mesmo um bom pós-graduado de que não existe a tal bifurcação e logo você verá surgir o cartesiano dentro dele. Tal é o poder da educação. Mas este, também, é o cerne da questão: porque o que parece óbvio quando se está num estado não reflexivo, não se torna verdadeiro necessariamente, como se fosse possível que a falta de

reflexão conferisse infalibilidade. As dúvidas cartesianas, por conseguinte, estão longe de ser ilegítimas e o ponto a que nos opomos não são as dúvidas, mas a filosofia.

No entanto, essa filosofia tem sido tão cultivada em nós pelos meios culturais que pode parecer chocante ouvir falar sem rodeios que o mundo percebido é, de fato, real e que, no final das contas, nós *não* erramos na maior parte da vida de vigília, durante todo o tempo em que permanecemos inconscientes do legado bifurcacionista. Essa notável resistência e descrença com a qual reagimos ao princípio da não bifurcação pode parecer estranha, dado que, em todos os outros momentos, tanto ahtes quanto depois dos interlúdios filosóficos, mantemo-nos firmemente comprometidos com ele. É somente/quando a não bifurcação é explicitamente afirmada que nos voltamos contra ela e alegremente negamos o em que, para todos os efeitos, cremos piamente. Em suma, a filosofia cartesiana nos mergulhou num estado de esquizofrenia coletiva, uma condição indiscutivelmente doentia, à qual podem muito bem ser atribuídos não poucos dos males modernos.

Mas, seja como for, nào é fácil desatar o nó dado por Newton e se livrar do peso de uma filosofia paradoxal, pois, muito embora a bifurcação como tal possa não ter atrativo nenhum, ela de fato concede o benefício considerável de, aparentemente, apoiar as reivindicações de uma física que se pretenda univeráalista em seu alcance. Some-se a isso a difusão da crença de que essa *Weltanschauung* se encontra escorada nas descobertas factuais de uma ciência exata e infalível e pode-se começar a vislumbrar a dimensão do problema. Logo, não surpreende que os fundamentos filosóficos da física estejam em desalinho. Transcorreu mais de meio século desde o primeiro lamento sobre este estado de coisas, feito por Whitehead, nos advertindo sobre o que chamou de “uma

completa desordem no pensamento científico, na cosmologia científica e na epistemologia” [1:i]; mas a confusão persiste e, se algo aconteceu, foi apenas sua exacerbação pela irrupção de escritos pseudo-filosóficos que pouco mais fazem que colocar vinho novo em velhos vasos. Ainda mais: no que diz respeito aos físicos, parece que a maioria está pouco interessada em investigar os fundamentos filosóficos, não levando consigo para o domínio filosófico a destreza que mostram ter no campo da ciência. Como bem disse Heisenberg:

Se seguirmos o trajeto que tem, por ponto de partida, a dificuldade que tiveram, mesmo cientistas eminentes, como Einstein, em entender e aceitar a interpretação de Copenhagen da teoria quântica, iremos encontrar, na raiz dessa dificuldade, a divisão cartesiana. Esta partição penetrou tão profundamente na mente do homem, durante os três séculos que a Descartes se [12] *seguiram, que muito tempo levará até que ela seja substituída por uma atitude realmente diferente no que se refere ao problema da Realidade.* [13]

Capítulo II

1

Discuto como aparece a bifurcação nas filosofias de Descartes, Berkeley e Kant em *Cosmos andTranscenelenctt* (Peru, II.: Sherwood Sugden & (lo., 1984), cap.2.

2

Aristóteles foi sábio, afinal, quando postulou ‘quantidade’ e ‘qualidade’ como categorias separadas e irredutíveis.

3

Ver, especialmente, E.A. Burtt, *The Metapbysical Vounclations of Modern Thysical Science* (New York: Humanities Press, 1951).

4

1 Hermann Diels, *D/e fragmente der* I *iorsokratiker* (Dublin: Weidman, 1969), vol. II,

11.168.

5

'i *Principia PhUosophiae,* in *Q/tvres* (Paris, 1824) IV, 198; citado em E.A. Burtt, *op.* cit.,

I>. 112.

6

(> I incounters ivith FJnstein (Princeton, NJ; Princeton University Press, 1983), p.81.

7

Op. cit., p.82.

8

K Uma pessoa acredita na bifurcação pela mesma razão que acredita no evolu-rionismo de Darwin. Ao insistir que todo fenômeno da natureza pode, em princípio, ser entendido tão-somente pelos métodos da física, ambos os dogmas acabam lornando-se indispensáveis. Minha visão sobre essa questão foi detalhada em *C osmos <mtl Transcendence,* cap. 4; 7*eilhaniism and the Neu> Religion* (Rockford, IL: TAN Books, 1088), cap.l; e *Cosmos, liios, Theos,* editado por Henry Margenau e Roy A. Varghese (Chicago: Open Court, 1992).

9

Como exemplo, nós percebemos os objetos como tridimensionais apesar da imagem ser plana. A possfVel objeção de a visão estereoscópica dever-sc ao fato de haver duas imagens está fora de questão por duas razões: primeiramente porque na realidade não vemos duas imagens, apenas uma; ademais, mesmo olhando para um objeto

familiar com apenas um olho, ainda o percebemos como tridimensional.

10

Wilder Penfield, *The mystcry of the Mind* (Princeton, NJ: Princeton University

Press, 1975); citado por K. I[1]. Schumacher em *A Cuide for lhe Perplexed* (New York: Harpcr & Row, 197[7]), p.76.

11

Modo de se referir à interação entre os dois elementos distintos da teoria do conhecimento de Descartes, a *res cogâans* e a *res extensa*, e que na psicologia e epistemo-logia modernas ficou conhecido como o problema “mente-corpo”. Supostamente, um ente imaterial chamado?“mente” ocultaria-se dentro de um aparato mecânico chamado “corpo”, determinando suas ações. (N.T.)

12

Nature and Life (New York: Greenwood, 1968), p.6.

13

Pbysics and Philosopby (New York: Grecnwood, 1968), p.6. *[Física e Filosofia* (Brasília: Iid. ÜnB, 1981, Trad. de Jorge Leal Ferreira), p.44. Todas as referências a esta obra feriam tiradas, na presente tradução, dessa edição brasileira. (N.T.)[

O QUE É O UNIVERSO FÍSICO?

Seria muito bom poder dizer que o universo físico é simplesmente o mundo como concebido por um físico, mas ocorre que a concepção que o físico tem do mundo está longe de ser clara. Devemos lembrar, em primeiro lugar, que a física passou por um desenvolvimento assombroso e que continua a avançar com grande atropelo. Ainda mais, deve-se acrescentar que pouco acordo tem havido ultimamente entre os físicos quanto ao que é, exatamente, que a física traz à luz. Como se pode, assim, falar do "mundo como concebido por um físico"?

Pode-se fazê-lo, até certo ponto, em virtude do fato de que a física tem uma metodologia própria, um modo de investigação que a distingue. Algumas teorias físicas podem ser suplantadas e opiniões filosóficas podem entrar ou sair de moda, mas os meios cognijtivos básicos pelos quais a física como tal é definida continuam invariáveis. Esses meios cognitivos determinam seus objetos de modo universal, sendo este o ponto crucial. Digamos, por conseguinte, que o universo físico seja: 6 âmbito das coisas em princípio cognoscí-veis por esses meios em particular e vejamos aonde isto nos leva. /

Vimos no capítulo precedente que o mundo corpóreo existe 'para nós' como o domínio das coisas a serem conhecidas através da percepção sensitiva e veremos agora que o universo físico existe 'para nós' num sentido muito parecido. Ocorre apenas que os respectivos meios de conhecimento são nitidamente distintos. No primeiro caso, conhecemos através da percepção direta e no segundo através de um *modus operandi* baseado na medição, o que é totalmente diferente.

Examinemos brevemente o ato da medição. O primeiro a se notar é que efetuamos uma medição por meio de um artefato, de um instrumento apropriado e não através da visão direta ou por qualquer outro dos sentidos. O que conta é a interação entre objeto e instrumento, sendo isso o que determina o estado final do instrumento e, desta maneira, o resultado da medição. Tal resultado, ademais, será uma quantidade, um número, se quisermos. Ora, certamente o físico experimental faz uso de seus sentidos a cada passo e é por meio da percepção sensitiva, cabe mencionar, que ele apura o estado final do instrumento. Mas isso não significa que ele perceba a quantidade em questão. Sejamos claros a esse respeito: em sentido estrito, não se percebem coisas tais como o peso ou o diâmetro de um objeto familiar, não mais do que se é capaz de perceber, digamos, o momento magnético do elétron. O que se percebe são objetos corpóreos de variados tipos - inclusive instrumentos científicos. Ora, é claro que somos capazes de ler a posição de um ponteiro numa balança, mas não podemos perceber diretamente as quantidades mensuráveis e é por essa razão que necessitamos dos instrumentos. Tem-se necessidade do instrumento de medida precisamente porque a quantidade em questão *não* é perceptível. E função, conclui-se, do instrumento, traduzir as quantidades mensuráveis para o estado perceptível de um objeto corpóreo, para que, pela percepção sensorial, sejamos capazes de obter o conhecimento de algo que em si não é perceptível.

Bem, o *modus operandi* da física baseia-se na medição, como dissemos. Logo, é através de atos de medição que começamos a conceber o universo físico. O físico lança o olhar para a realidade não com as faculdades humanas usuais da percepção, mas por meio de instrumentos artificiais, e o que ele enxerga çom esses “olhos” artificiais é um estranho mundo novo que consiste de quantidades e de

estrutura matemática. Em suma, ele toma conhecimento do universo físico e não do familiar mundo corpóreo.

O que deve ser feito, portanto, dessa curiosa dualidade? Podemos dizer, talvez, que um desses domínios seja real e o outro subjetivo ou talvez fictício? Certamente não existem razões convincentes que amparem nenhum desses reducionismos. O que você vê depende das “lentes” pelas quais você olha, essa é a essência da questão.

Surge a questão de por qual meio esses dois mundos manifestos (ou ‘projeções da realidade’) podem coexistir, de que modo podem ser ajustados - como de fato devem. Basta dizer, por ora, que essa não é uma questão que possa ser investigada nem compreendida pelos meios cognitivos associados a quaisquer dos dois domínios. O assunto não pode ser resolvido nem pela percepção sensitiva nem pelos métodos da física, pela simples razão de cada um destes meios cognitivos estar restrito à sua própria esfera. O de que se precisa, idealmente, é de uma ‘ontologia integral’, mas podemos deixar, por enquanto, sem resolver a questão de se é factível tal empreitada. O que importa aqui é a constatação de que cada um desses dois domínios — o físico não menos que o corpóreo - é limitado em seu alcance. Em cada caso, existem coisas que podem ser compreendidas pelos correspondentes meios cognitivos e existem coisas que não podem. Como um círculo, a concepção de cada um desses domínios, ao mesmo tempo em que inclui algumas coisas explicáveis por seus métodos, também exclui outras. E que não se duvide, desde já, que o que cada um deles exclui deve, por necessidade, ser imensamente mais vasto - por incrível que pareça- do que a variedade de tudo o que encerra.

O universo físico “se mostra à vista” por meio da medição, mas deve-se acrescentar imediatamente que somente a

medição não basta. Forçosamente existe também um aspecto teorético nesse processo cognitivo, o que significa dizer que nada pertencente ao domínio físico pode ser conhecido sem uma teoria, sem um “modelo” apropriado. As facetas experimental e teórica da disciplina andam lado a lado, existindo entre as duas uma maravilhosa simbiose - talvez delicada demais para ser descrita adequadamente em manuais. Basta dizer que experimento e teoria combinam-se num único empreendimento cognitivo, num mesmo “modo de conhecimento”.

Consequentemente, os objetos físicos devem ser conhecidos por meio de um modelo adequado, algum tipo de representação teórica. Sem dúvida, objeto e representação não coincidem, a relação entre eles sendo que tomamos conhecimento do objeto *através* dessa representação, da mesma maneira que conhecemos um objeto corpóreo por meio de uma imagem mental. A representação teorética serve, assim, como um símbolo, um signo - o qual é, de todas as maneiras, indispensável, pois, na verdade, não se consegue conhecer e nem mesmo conceber um objeto físico exceto por meio de um modelo, de um construto teorético de um tipo ou de outro. Nós certamente podemos e, com efeito, muitas vezes o fazemos, alterar a representação de uma dada entidade física, mas não se pode abandonar um modelo sem o recurso a algum outro, sob pena de perder completamente o objeto. [1]

Notemos, à guisa de maior clareza, que se o objeto fosse redutível à representação, ele obviamente não estaria sujeito a medições; afinal de contas, um mero modelo não pode afetar instrumentos'de medida. Objetos físicos, por outro lado, evidentemente afetam os instrumentos de medida -por definição, se quisermos - e isso significa que eles têm uma certa existência por si próprios. A passagem da representação ao objeto, por conseguinte, constitui um

ato intencional, não menos enigmático, certamente, que o humilde ato da percepção sensitiva, considerada em detalhes no capítulo passado. Não surpreende, pois, que esse passo crucial, componente do *modus operandi* da física, não tenha sido bem compreendido. Que o ato intencional do físico profissional, muito longe de ser acessível à humanidade como um todo, pressuponha, evidentemente, um aprendizado específico - para não mencionar qualidades intelectuais peculiares, as quais talvez nem todos possuam em dose máxima - nada disso leva a uma fácil compreensão do problema epistemoló-gico. Mas, de modo capital, ocorre que as premissas filosóficas que estamos predispostos a aceitar hoje em dia não permitem, de fato, nenhum conhecimento dos objetos físicos - não mais do que permitem a percepção de entidades corpó-reas. Ao passo que todo físico de reputação aprendeu a efetuar o ato intencional do qual estamos falando e que, de fato, o efetue repetidamente no exercício de suas atribuições profissionais, ele ainda pode estar, por outro lado, *qua* filósofo, comprometido com uma escola de pensamento que nega a possibilidade mesma deste ato cognitivo. A situação lembra, em tudo, a do bifurcacionista que nega - de novo, em seus momentos de filósofo - a possibilidade da percepção sensitiva, o ato cotidiano pelo qual lançamos o olhar ao mundo e

percebemos, não meros dados de sentido ou representações mentais, mas uma constelação de coisas existentes. Já tecemos comentários suficientes, no capítulo 1, a respeito deste estranho fenômeno, o qual encontramos uma vez mais no contexto do conhecimento científico. A questão, em qualquer dos casos, é que uma coisa é saber e bem outra é saber o *como* se sabe.

O modelo pelo qual um objeto físico é conhecido deve, é claro, ser compatível com os fatos mensuráveis, ou seja,

tem que ser possível extrair-se dele consequências empiricamente verificáveis. A representação possui, pois, certa faceta operacional, um conteúdo empírico, sem o qual não possuiría conexão com o empreendimento científico. Precisamos, contudo, compreender claramente que ele possui, além disso, um conteúdo intencional, o que significa dizer que ele funciona como um signo ou símbolo, cujo referente é o próprio objeto físico. Os dois tipos de conteúdo ou significado -intencional e operacional — estão, ademais, intimamente ligados, pois, com efeito, um objeto físico pode ser modelado ou representado precisamente em virtude da forma como ele se presta a observações empíricas. Entretanto, muito embora possamos conhecer o objeto pelo modo como afeta nossos instrumentos, nós o concebemos como a causa externa ou transcendente daqueles efeitos observáveis e não simplesmente como o somatório desses efeitos. Um campo eletromagnético, por exemplo, é indubitavelmente mais do que o conjunto das leituras dos instrumentos, e um próton é mais que um arranjo de traços numa câmara de bolhas. Contrariamente ao que os positivistas nos querem fazer crer, o objeto físico não pode, de forma alguma, ser reduzido a seus efeitos observáveis. O objeto, por conseguinte, não é a manifestação, mas, antes, o ente, a manifestar-se ele próprio. As leituras de nossos instrumentos e as trajetórias em câmaras de condensação apontam, pois, para além delas mesmas e esta é exatamente a razão, na verdade, dessas leituras e visualizações serem de interesse para o físico. Seu interesse primordial não está em jogos positivistas, mas numa realidade oculta que se manifesta, ao menos parcialmente, em todo tipo de efeitos mensuráveis. O universo físico, não menos que o corpóreo ó, pois, de certa maneira, transcendente - ainda que, como tenho repetido, ele exista ‘para nós’.

*

Falando de modo estrito, ninguém nunca percebeu um objeto físico e nem jamais o fará. Os entes que respondem ao *modus operandi* da física são, por sua própria natureza, invisíveis; intangíveis, inaudíveis, assim como destituídos de sabor e de aroma. Esses objetos imperceptíveis são concebidos por meio de modelos matemáticos e observados por meio de instrumentos apropriados. Existem, não obstante, entes físicos que se apresentam, por assim dizer, sob a forma de objetos corpóreos. Ou, invertendo a fórmula: qualquer objeto

corpóreo X pode ser submetido a todo tipo de medidas, estabelecendo assim um objeto físico associado SX. Sendo X uma bola de bilhar, por exemplo, podemos medir sua massa, seu raio e outros parâmetros físicos e podemos representar o objeto físico associado SX de várias maneiras: por exemplo, como uma esfera rígida de densidade constante. O ponto chave, de qualquer modo, é que X e SX não são a mesma coisa. Os dois são de fato tão diferentes quanto a noite e o dia, pois sucede que X é perceptível, ao passo que SX não.

Ora, a primeira dessas assertivas é óbvia e não admite • controvérsia. Todos sabem ser perceptível uma coisa como uma bola de bilhar - melhor dizendo, todos sabem disso muito bem desde que não se trate de üm bifurcacionista. Mas, o que dizer a respeito de SX: por que ele *não* é perceptível? Existem aqueles que argumentarão que uma esfera rígida é muito bem passível de ser percebida. No entanto, ao passo que, para ser exato, isso não é verdadeiro,[2] esta afirmação está na verdade fora de questão, e isso porque o que se nos defronta não é se coisas tais como esferas rígidas podem ser percebidas, mas se SX o pode, e essa é uma questão bem diferente. Pois, em que pese o objeto físico associado SX do presente exemplo poder de fato ser representado como uma esfera rígida

(dentro de certos limites), ele pode ainda ser representado de muitas outras formas, como, por exemplo, uma esfera elástica - um modelo ao qual, na verdade, se pode atribuir uma maior precisão que ao anterior.

Mais importante, contudo, é que hoje se sabe os objetos físicos serem compostos de átomos (de maneira mais geral, de partículas subatômicas), e que quaisquer representações contínuas ou “clássicas” ensejam nada mais que uma visão crua e parcial do ente em exame. Porém, na hipótese de SX se tratar de fato de um arranjo de átomos ou de partículas subatômicas, poderiamos agora considerar SX um ente perceptível? Obviamente não, pois ó patente que aquilo que percebemos não é uma coleção de átomos, de partículas subatômicas ou ondas de Schródinger, mas uma bola de bilhar simplesmente. Poder-se-ia argumentar, sem dúvida, que o arranjo de átomos ou partículas desse origem de alguma maneira ao objeto percebido (ou perceptível), mas essa é uma questão deveras diferente. O que nos ocupa no momento ó a identidade daquele objeto que é perceptível e não a conjectura sobre sua causa. E esta identidade está fora de discussão: o que percebemos, é preciso que se repita, é a bola de bilhar vermelha ou verde. Ninguém, para frisar, jamais percebeu um arranjo de partículas subatômicas ou uma coleção de átomos.

Chegamos assim ao reconhecimento de um ponto básico que tem se mantido oculto por conta do viés induzido pela doutrina da bifurcação: descobrimos que todo objeto corpóreo X delimita um objeto físico SX a ele associado. Referir-nos-emos a X daqui para frente como a *presentificação* de SX. Nem todo objeto físico, claro, possui uma presentificação, e faremos uma distinção entre duas classes de entidades físicas: entre aquelas que admitem e aquelas que não admitem ser presentificadas. Poderiamos dizer: entre entidades *sub-corpóreas* e entidades *trans-corpóreas.*

Mas me apresso a dizer que esta dicotomia tem a ver com sua relação frente ao domínio corpóreo e não com o objeto físico en-' quanto tal. Km outras palavras, o físico que investiga a estrutura ou as propriedades físicas dos objetos em questão não encontrará nenhum traço desta dicotomia. A medida que átomos se congregam em moléculas, e que estas se juntam para formar agregados macroscópicos, não existe nenhuma linha demarcatória mágica assinalando o início do domínio subcorpóreo. Pois, de fato, é somente com relação ao plano corpóreo que esta noção está definida, e, por conseguinte, se tivéssemos olhos somente para o plano físico (e pudéssemos enxergar apenas átomos e seus semelhantes) não haveria maneira pela qual pudéssemos distinguir os agregados subcorpóreos dos transcorpórios.

Essa distinção é, não obstante, vital para a economia da física, pois fica claro, pelo que seriisse acima, que os instrumentos de medida têm que ser corpóreos, o processo de mensuração devendo ter sua conclusão, afinál de contas, num estado perceptível de um objeto corpóreo. Mas, à luz das últimas considerações, isso significa que o instrumento *físico* é forçosamente subcorpóreo; para ser exato, ele deve ser o SI de um instrumento corpóreo I.

*

Deve-se notar que, além do processo de medição, a física tem necessidade de um tipo de procedimento empírico cujo término seja não o valor numérico de uma variável física, mas uma representação visual de algum tipo. Os exemplos são muitos e vão desde as várias formas de telescópios até microscópios eletrônicos e câmaras de condensação.
Ora, em todos esses casos, o objeto ou processo físico é de alguma maneira convertido numa imagem — uma fotografia talvez - aduzindo informações a respeito do objeto ou processo em foco. Essa informação é, uma vez mais,

quantitativa, mas não especificamente numérica. Vemo-nos consequentemente obrigados a distinguir entre medições no sentido estrito, as quais terminam num valor numérico ou na leitura de um “ponteiro”; e um segundo modo de observação científica, à qual, por falta de termo melhor, denominaremos observação ‘visual’ ou ‘gráfica’. Os dois modos podem, sem dúvida, ser combinados, como ocorre quando uma fotografia, que é o término de uma observação visual, é usada para efetuar-se outra medida. Mas a simbiose pode ocorrer na direção inversa, como no caso de gráficos que incorporam os resultados de um conjunto de medições. A despeito da íntima interconexão entre ambos os modos eu sustento que nenhum deles pode ser reduzido ao outro sem que se cometa um abuso, o que significa dizer que a física necessita de ambas. [3]

A vista do fato de os objetos físicos não serem perceptíveis, imediatamente surge a pergunta: em que sentido se pode falar de uma ‘representação visual’ de algo que em princípio não pode ser percebido? É grande a tentação de imaginar que a imagem exibida numa tela carregue uma semelhança com o objeto, à maneira como uma fotografia normal transmite uma aparência do objeto corpóreo representado por ela. Porém, como se pode falar em semelhança se nunca se viu o original e se, de fato, o original nem mesmo pode ser visto? Por exemplo, para podermos afirmar se um retrato tem ou não semelhança com o retratado, precisamos olhar para o sujeito; mas, se o sujeito não pode, de saída, ser visto, então ele não possui “aparência” de maneira alguma e não faz mais sentido falar-se em semelhança.

E tal é o caso quando se fala de uma visualização gráfica. Vimos que a semelhança, no sentido usual, está fora de questão. Mas, se falha a semelhança ordinária, ainda

deve existir uma similitude de algum tipo, na ausência da qual não faria sentido falar numa imagem gráfica.

Consequentemente, há uma noção de semelhança aplicável à observação gráfica e não deve parecer surpresa que a similaridade em questão seja a de uma forma matemática, de estrutura abstrata. O fato de formas matemáticas poderem ocasionalmente ser representadas de maneira visual é certamente familiar a qualquer estudante de matemática; qualquer um que tenha tomado aulas de cálculo ou de geometria analítica recordará da forma parabólica do gráfico da função dada pela equação $y = x^2$. Podemos também facilmente compreender que a função como tal é imperceptível e que o gráfico não ilustra uma semelhança do tipo usual. Ao mesmo tempo, contudo, supõe-se que de alguma forma o gráfico descreva a função; afinal, pode-se ver, a partir do gráfico, que a função assume um mínimo em $x - 0$, que a derivada se anula neste ponto, que o valor absoluto da derivada aumenta à medida que aumenta o valor absoluto de x, etc. Além disso, podemos em princípio recuperar a função a partir de seu gráfico; melhor dizendo, se não levarmos em conta que as ordenadas e abscissas não podem na prática ser determinadas com precisão arbitrária, somos capazes de obter, a partir do gráfico, o valor $f(x)$ de / para todo x.

No caso de uma imagem exibida num monitor de laboratório, é claro que o objeto não é um ente de ordem matemática mas de ordem física; mesmo assim, esse ente físico possui uma forma matemática e é precisamente esta forma que está sendo mostrada. Logo, o caso do monitor é análogo àquele do gráfico, pois, nem precisamos mencionar que, se o ente possuísse ainda outras propriedades que não fossem matemáticas, estas não seriam exibidas no monitor. Em outras palavras, o que nossa, digamos, fotografia, pode ter em comum com uma estrela emissora de ondas de rádio

ou com um agregado de partículas interagentes - ou, a esse propósito, com nossa velha esfera rígida- não pode ser outra coisa que a forma matemática.

Pode-se exemplificar de mil maneiras este ponto. Considere, por exemplo, uma chapa de raios-X tirada de um objeto sólido qualquer. Se usarmos co-ordenadas cartesia-nas para descrever a região [tridimensional] e se supusermos que os raios-X viajem paralelos ao eixo-z e que a chapa fotográfica repousa sobre o plano-xy, então a densidade óptica *f(x,y)* da emulsão (após tratamento) definirá /uma certa função *f* Ora, é precisamente esta fynção *fo* que à fotografia compartilha com o corpo em exame, pois, com efeito, se soubermos a 'densidade óptica' *8(x,y,z)* própria do objeto, a integração com respeito a z fornecerá uma 'densidade óptica efetiva' *S*(x,y),* e, conhecendo *8*,* podemos calcular *f.* A utilidade dos raios-X, por outro lado, vem do fato de que este cálculo poder ser invertido: sabendo *f* podemos obter *8*.* O propósito de uma imagem de raios-X, pode-se dizer, é exibir a função *8*.* E *8** quem divisamos ao examinar uma chapa de raios-X: vemos onde *8** é alta ou baixa pelos relativos claros e escuros da região e podèmos julgar a declividade de sua variação em várias direções.[4] Pode-se, com efeito, considerar a chapa como um "gráfico" de uma função de duas variáveis, na qual os valores da função são representados por uma "densidade de manchas" ou sombras.

Existem, é óbvio, muitos outros tipos de telas ou mostradores e deve-se notar que não há nenhuma razão particular para que as co-ordenadas *x* e y do mostrador devam invariavelmente representar dimensões espaciais. O exemplo familiar do osciloscópio é paradigmático. No seu modo mais simples de operação há apenas um valor de entrada *V(t),* onde Fé a voltagem e t o tempo. O monitor exibirá então o gráfico da função *V,* no qual a ordenada

representa a voltagem (e assim, também, o que quer que esta represente por sua vez) e a abscissa representa o tempo. Pode-se deste modo “enxergar” um pulso elétrico, uma onda sonora, uma oscilação de temperatura ou o que quer que esteja sendo representado pela função de entrada *V(t).* Pode-se também usar o osciloscópio com duas funções de entrada — digamos *V(t)* e *W(t)* e fazer com que o monitor exiba a relação entre *Ve W*a partir de uma curva no plano-PVF Em qualquer desses casos, não obstante, o que está sendo exibido é ou uma função ou uma relação de um tipo mais geral, o sistema físico como tal permanecendo, por sua vez, fora do alcance da vista.

Deve-se notar que ambos os modos de observação científica — medição numérica e visualização em tela ou visualização gráfica- dependem da correspondência entre um objeto corpóreo X e o objeto físico SX a ele associado; dependem, em outras palavras, de um ato de presentificação (X sendo a presentificação de SX). Em geral, a passagem desde o domínio físico para o corpóreo, a qual consuma o processo de observação, será efetuada através de uma transição de SX para X e assim sucede porque, na verdade, não conhecemos nenhuma outra ligação ou nexo entre os níveis de existência físico e corpóreo. Mais que isso, é evidente que o experimen-tador profissional, por absoluta necessidade, vale-se constantemente dessa conexão. Ele assim procede quando trata, por exemplo, um objeto corpóreo como um sistema físico ou quando emprega entes corpóreos para “preparar”, um sistema físico de tipo transcorpóriof e de igual maneira o faz também, com toda certeza, quando efetua uma medida sobre um sistema físico ou quando exibe este num monitor.

Acontece que esse nexo crucial nunca é reconhecido. Por conseguinte, em primeiro lugar, ele nunca aparece nos projetos do físico profissional pelo simples motivo

desses projetos referirem-se exclusivamente ao domínio físico e isso acaba acarretando a exclusão daquele nexo. Tampouco há ocasião para quej se o mostre na nossa habitual visão de mundo cientificistja, já que essa *Weltanschauung* carteíáana

1

(ou “clássica”) baseia-se, como se sabe, no postulado da bifurcação. Esta nega, como sabemos, a existência do mundo corpóreo, negando também, assim, a existência de um nexo. Não obstante, reconhecido ou não, o nexo da presentificação está lá e, na verdade, é de uso constante na ciência. A circunstância de que não entendamos esse nexo - seja por deficiência no entendimento da física ou no da filosofia- carece de qualquer importância. Afinal, não se faz também pleno uso da percepção sensitiva, a qual acaba sendo não menos incompreensível?

Toda a discussão desemboca no seguinte: não pode haver conhecimento do domínio físico sem uma presentificação, da mesma maneira que não pode haver conhecimento do mundo corpóreo na ausência da percepção pelos sentidos. Não há maneira, sabemos disso, de convencer um cético obstinado de que o universo existe, para começar e, muito menos, que ele pode ser conhecido, sendo sempre mais fácil recair num reducionismo positivista. Todavia, é suficiente dizer que não se pode evitar a idéia da presentificação, exceto sob o risco de se perder o universo físico.

Surge, pois, a pergunta: o que podemos aprender sobre o objeto físico a partir de sua presentificação? Embora X seja o mais diferente possível de SX - pense numa bola de bilhar vermelha e, por outro lado, numa nuvem de átomos- deve, contudo, haver uma certa “parecença” entre os dois,

à falta da qual X não nos podería dizer nada a respeito de SX; qual é, então, essa “parecença” ou conexão? Ora, o primeiro a se notar a esse respeito é que X e SX ocupam exatamente a mesma região do espaço - por estranho que pareça.[5] Na verdade, não faria sentido algum fazermos distinção entre um espaço, por assim dizer, corpóreo e outro físico, a razão sendo que o espaço físico não teria nenhum significado a menos que o pudéssemos relacionar com o corpóreo, o que, contudo, pode ser feito somente por meio da presentificação. Mas isso seria equivalente a uma identificação dos dois espaços e, portanto, a uma coincidência espacial de X e SX.

Mas essa coincidência espacial implica que as noções de distância e ângulo - definidas em termos de operações com trenas de medir (corpóreas) - são estendidas para o domínio subcorpóreo. Toda decomposição, por conseguinte, de um objeto corpóreo em partes corpóreas, corresponde a uma decomposição equivalente ou geometricamente isomórfica de SX.[6] Em suma, há uma ‘continuidade geométrica’ entre X e SX. E é em virtude precisamente desta continuidade geométrica que os objetos físicos podem ser observados. Graças a essa continuidade, somos capazes de averiguar o estado de um instrumento físico a partir da posição de um ponteiro numa balança (um ponteiro que é corpóreo, desnecessário dizer, numa balança também corpórea). Ou, para colocar em termos mais gerais: o estado de um instrumento físico, dado por sua geometria interna - ou, mais exatamente, pelas posições relativas de suas partes sub-corpóreas- é transmitido para o plano corpóreo via presentificação. Cada medição numérica e cada forma concebível de visualização dependem deste fato.

Um comentário adicional: por causa da continuidade geométrica, a presentificação constitui um modo de visualização. Ela constitui, na verdade, o modo fundamental

de observação, pois que todos os outros são dependentes de uma visualização que as presentifique, como apontado acima.

*

Seja no caso de uma medição numérica, seja no de uma visualização gráfica em tela, observamos cientificamente um objeto físico ao obrigar que ele interaja com um instrumento subcorpóreo, o efeito ou resultado dessa interação sendo então transmitido ao nível corpóreo por meio de uma presentificação. Não se deve pensar, contudo, que para observar o objeto em questão, deva-se simplesmente montar o equipamento adequado, esperar que a desejada interação ocorra e tomar nota do resultado, pois, deveras, o resultado pode não ser nada mais que a leitura de um ponteiro, a impressão de números num papel ou a exibição de algum tipo de gráfico. Isto é, o que o instrumento fornece são dados, mas não é disto que o físico está atrás. Os dados são um meio, sem dúvida, mas não o objetivo do processo de observação. O que o físico busca, obviamente, é o objeto físico, um certo conhecimento ou apreensão intelectual do objeto. E isso nenhum instrumento de laboratório - nenhum *modus operandi* empírico- pode fornecer.

A observação, por essa razão, não é efetuada por meios empíricos apenas. Não pode haver nenhuma observação legítima sem que o aspecto teorético da operação entre em jogo. Poder-se-ia colocar desta maneira: observar, no sentido que um físico dá ao termo, é passar do perceptível ao imperceptível e somente a teoria pode fazer a ponte. Como já dissemos, teoria e experimento trabalham lado a lado. Ambos se combinam para constituir um único ato cognitivo, um único ‘modo de conhecer’.

Em sentido estrito, não e^dste algo que se possa chamar ‘fato empírico’, se entendermos a expressão como excluindo o aspecto teorético correspondente. Todavia, a circunstância de que nenhuma coisa no domínio físico possa ser medida ou mostrada graficamente sem o auxílio de premissas teóricas, serve, na verdade, não para colocar em dúvida a validade dos resultados empíricos, mas para tornar a própria teoria mais segura e de fato mais ‘manifesta’ do que o modo como ela é comumente encarada. A noção comum de que as afirmações teóricas são meras “hipóteses” até que tenham sido verificadas por um experimento é, portanto, exagerada e algo enganosa, pois o fato é que os supostos “fatos brutos da observação” podem, em princípio, não trazer mais segurança do que as chamadas hipóteses sobre as quais eles se apoiam.

Aqueles que se referem a “meras hipóteses” parecem não apreciar o fato de que o intelecto tem um papel central no procedimento científico. Não apenas a razão, a capacidade de pensamento lógico, mas o intelecto, tomado no sentido antigo e tradicional de uma faculdade de visão não mediada, cujos objetos são as ‘formas inteligíveis’. Temos todo o direito de supor, ademais, que os grandes físicos não apenas são bem dotados a esse respeito, mas sabem muito bem como usar esta nobre faculdade no curso de suas investigações. Tanto que, nos melhores casos, as premissas declaradas pelos pioneiros chegam até a possuir uma espécie de validade *a priori,* a qual nossa vã sabedoria julga ser impossível alcançar.

Recorde-se um incidente na vida de Albert Einstein que vem bem ao caso. O ano era 1919 e o Real Astrônomo da Inglaterra acabava de anunciar, numa reunião lotada da *Royal Society*, que as chapas fotográficas expostas no famoso eclipse confirmavam o encurvamento previsto da luz. Despachou-se um telegrama para Berlim e alguém

irrompeu pelo escritório de Einstein para dar as novas, mas o grande cientista pareceu inabalável. ‘O que você teria pensado se sua teoria tivesse sido desmentida?’, perguntou a jovem; ‘Bem, aí eu ficaria desapontado com o Velho lá em cima’, foi a resposta.

A grande verdade é que o universo físico não é, afinal, absolutamente contingente. Contrariamente ao que vêm pregando os nominalistas há séculos, é o ‘universal no par-? ticular’ que confere a este último a medida de seu ser e que, para completar, coincide com seu ‘aspecto inteligível’. Isso implica em a física lidar com os particulares na medida em que estes exibem uma lei ou princípio universal e não com os existentes particulares enquanto tais. O que quer que seja' deixado de lado permanece necessariamente desconhecido. Assim, o que a física busca e é capaz de compreender, à sua própria maneira, é o necessário no contingente, ou o eterno no efêmero, como também se pode dizer.

Começa-se com o contingente na forma de dados empíricos. O conjunto de dados, todavia, só tem interesse na medida em que espelha ou incorpora um princípio universal: é isso o que o modelo ou representação buscam capturar. Muito embora o princípio seja, de certa forma, exemplificado pelos dados, não por isso ele aparecerá desnudado, evidenciado, nem tampouco será imposto a nós. A representação constitui assim ‘uma livre criação do espírito humano’,[7] para colocar nas palavras de Einstein - o que não significa que seja meramente subjetiva ou arbitrária no todo. Pois, de fato, o que a representaçãb descreve, à sua maneira, é um princípio objetivo exemplificado nos dados, como dissemos -o mesmíssimo princípio que é exemplificado acima de tudo no objeto físico mesmo. Um único princípio, por conseguinte, se vê refletido em três diferentes níveis: no objeto físico, no conjunto de

dados e no modelo ou representação; e é por essa razão que o objeto físico é cognoscível. De maneira abreviada: conhecemos o objeto por meio do princípio e o princípio por meio da representação, a qual, por sua vez, é alcançada por meio do conjunto de dados.

Deve-se, apesar disso, compreender que a passagem desde o conjunto de dados para a representação não é efetuada pela razão somente. Não se chega às 'livres criações' de Einstein simplesmente pela lógica ou por seguir um conjunto de regras, não sendo, pois, essa passagem, uma tarefa que pudesse ser realizada por um computador. Para ser exato, a apreensão mesma do modelo ou representação exige uma certa visão intelectiva e envolve, portanto, o intelecto no sentido pleno. Além disso, o ato intelectivo pelo qual "percebemos" a representação proporciona, ao mesmo tempo, uma certa apreensão do próprio princípio. Num certo sentido, portanto, o físico "vê" os objetos físicos com os quais lida: ele os "enxerga" por meio de suas representações e, desta forma, por meio de seus princípios ou 'aspectos inteligíveis'.

Mas é exatamente isso o que deixaram escapar aqueles que se referem pejorativamente às "meras hipóteses", pois, onde quer que se possa falar de "enxergar", há a possibilidade de "enxergar certo" e, igualmente, possibilidade de certeza. Num certo sentido, 'ver é crer', afinal de contas. E não é por esse motivo que Einstein permaneceu inabalável? Não teria ele já enxergado o princípio? Eu considero que esse seja o caso, o que tanto explica como justifica a resposta lacônica de Einstein ('Bem, aí eu ficaria desapontado com o Velho lá em cima').

Poder-se-ia levantar a objeção que, visto que as teorias físicas são forçosamente aproximações, não se as podem supor como proporcionando nenhum conhecimento

verdadeiro dos objetos físicos e nem podemos supor que a elas cheguemos por meio de um ato intelectivo quase infalível. Mas, por que não? Deve-se lembrar, para começar, que o universo físico se nos apresenta em diversos níveis, de acordo com a natureza e com a precisão dos instrumentos usados para observá-lo. Não há incongruência em supormos que cada nível exiba suas leis ou 'formas matemáticas' próprias, contanto, é claro, que as leis associadas a um nível não contradigam aquelas associadas a outro. Em particular, se ocorrer de um nível A ser mais fundamental ou "preciso" que um nível B, então, as leis conhecidas pertinentes a *B* devem seguir-se daquelas pertinentes a A, como parece de fato sempre acontecer. Por exemplo, a mecânica Newtoniana pode ser derivada da relativista ao restringirmo-nos a velocidades pequenas em comparação com a da luz; ou a termodinâmica dos gases pode ser obtida *à la* Boltzmann a partir da mecânica clássica de partículas, a qual, por sua vez, pode ser considerada como um caso limite da mecânica quântica, etc. Sem dúvida que, do ponto de vista do nível A, as leis pertinentes ao nível *B* são aproximadas, mas isso não implica, no mais mínimo que seja, que as formas matemáticas em questão sejam 'meramente subjetivas' - não menos do que o não ser uma roda um círculo perfeito implicaria em que sua forma circular (ou sua circularidade) fosse por isso fictícia. Dizer, em outras palavras, que as formas matemáticas não sejam tornadas existentes no domínio físico com "absoluta fidelidade", não é o mesmo que dizer que elas não o sejam de maneira alguma. Em suma, o fato é que cada teoria relevante é aplicável dentro de seu próprio domínio e que seus criadores 'viram certo' afinal. Onde eles podem ter errado, por outro lado, é ao supor que as leis em questão tivessem aplicação irrestrita. Newton, por exemplo, não anteviu Einstein e este, como sabemos, experimentou grande dificuldade em admitir a teoria quântica. Cada físico realmente original talvez tenha

a tendência de estender sua visão para além de seus limites legítimos.

Se o universo físico não corporificasse ou refletisse de alguma maneira as formas matemáticas, ele seria simplesmente ininteligível e a física nem mesmo existiría. Por conta disso, conclui-se que ele de fato corporifica ou reflete formas matemáticas e que, na verdade, ele é constituído exatamente por essas mesmas formas, pela sua ‘estrutura matemática’.

A física lida, afinal de contas, com estruturas matemáticas existenciadas. Deve-se, entretanto, admitir que tanto leigos quanto especialistas tendem invariavelmente a vestir essas entidades matemáticas com formas imaginativas mais ou menos concretas, derivadas, sem dúvida, da experiência sensorial. Melhor dizendo, na verdade nós precisamos vestir essas entidades intangíveis com imagens sensoriais de um tipo ou de outro, se quisermos trazê-las para o domínio de nossas faculdades mentais. No caso do matemático profissional ou do físico instruído, além disso, esse procedimento é perfeitamente justificado e desempenha seguramente um papel vital na compreensão de estruturas e relações de tipo matemático. Nas mãos do especialista, a forma concreta vira um símbolo um atrator para a intelecção. Um teórico talentoso sabe muito bem como extrair, a partir do concreto, uma forma abstrata que ostenta uma analogia com a estrutura matemática que ele tenta compreender. Ele aprendeu a apoderar-se do que é essencial e a descartar o resto. Esta é, na verdade, a ‘arte oculta’ que precisa ser dominada. Dedicando-se a um aprendizado mais ou menos extenso, o teórico torna-se, ao final, proficiente no uso mental do que se poderiam chamar ‘recursos visuais’, os quais podem variar desde simples imagens de entidades materiais até coisas tais como gráficos e diagramas, sem esquecer que até mesmo uma

fórmula matemática carrega necessariamente um aspecto visual e sintático quê também tem sua importância.[8] Podemos, portanto, dizer da física e da matemática, não menos que de qualquer outra empresa humana, que ‘por ora vemos como por um espelho, de maneira obscura’; falando de maneira geral, as formas sensíveis servem como espelhos.

O uso de imagens ou suportes sensíveis, não obstante, pode facilmente tornar-se ilegítimo e transformar-se numa espécie de idolatria intelectual. Tudo depende do modo como entendemos a diferença entre uma representação visual -denominada pelos escolásticos de ‘fantasma’- e o objeto físico ou matemático que ela supostamente representa. No instante em que imagem e objeto são confundidos, segue-se o erro; quando os “fantasmatas” são erroneamente tomados como a realidade, começa a fantasia. Mas, para dizer a verdade, essa linha é tão facilmente cruzada que seria mais realista falarmos, não de conhecimento puro versus completa fantasia, mas de gradações. A distinção lógica, porém, entre um emprego ‘simbolista’ ou um emprego ‘concreto’ dos “fantasmata” retém validade plena e razão de ser, em que pese a fraqueza humana.

Existem, porém, gradações de compreensão e nem mesmo os físicos estão livres dessa tendência concretista. Também eles estão propensos, de vez em quando, a ‘reificar’ o objeto físico (como daqui para frente nos referiremos) pelo recurso, às vezes mais ingênuo, às vezes menos, a suportes visuais. Pode-se, inclusive, afirmar que, normalmente, eles reificam despreocupadamente seus objetos físicos, contanto que os “fantasmata” em questão não conflitem abertamente com as exigências lógicas e matemáticas de sua teoria -muito embora até mesmo a mais inocente das reificações seja sempre ilegítima. Em

contraste com um uso genuinamente simbolista dos suportes visuais, aquelas projetam arbitrariamente qualidades sensíveis num território em que não têm lugar. De certa maneira, a reificação ‘dá corpo’ ao que é inerentemente incorpóreo, confundindo assim o plano físico com o corpóreo.

Não se pode negar que o uso da reificação tenha sido frequente ao longo de toda a era newtoniana. Havia, para começar, uma mecânica dos corpos- rígidos e elásticos - de objetos subcorpóreos, portanto - os quais eram sem dúvida rotineiramente coisificados pela identificação com as entidades corpóreas correspondentes. Havia também a gravitação, por certo, a qual não podia ser considerada da mesma forma, mas essa circunstância era entendida como uma anomalia. O próprio Newton tentou explicar (em seu *Optiks)* a força gravitacional em termos do gradiente de pressão de um hipotético fluido interplanetário, mas também reconheceu, com admirável clareza, que, num sentido técnico computacional, a questão não tlinha nenhum embasamento na física. Para calcular o movimento de corpos sob ação da força gravitacional só o que importa é a lei matemática que

descreve como uma ‘partícula de massa’ afeta outra, e Newton tinha boas razões para supor que sua própria lei da gravitação tinha decidido a questão de uma vez por todas.

A ânsia por explicações mecanicistas, porém, não terminara. Era a época em que homens de ciência se espelhavam esperançosamente na mecânica como a chave para desvelar praticamente toda classe de fenômenos; e esta *Weltanschauung* teve, como sabemos, suas vitórias. Ademais de suas descobertas cruciais - as leis do movimento e da gravidade e a consequente explicação das

órbitas planetárias — foi Newton mesmo quem abriu caminho para uma acústica que reduzia o som a um fenômeno de mecânica de meios contínuos e começou ao menos a especular - com muita razão - que temperatura e calor tinham a ver com uma ‘agitação vibratória de partículas’. Não é sem interesse que uma segunda teoria do calor menos fictícia, mas, nem por isso, menos mecânica que a de Newton, fez sua aparição aproximadamente na mesma época e foi amplamente aceita por cerca de duzentos anos. De acordo com esta, o calor era tomado como um fluido ‘sutil, invisível e imponderável’, chamado calórico, o qual se pensava permear os corpos e fluir desde regiões quentes para frias, da mesma maneira que fluidos ordinários fluem ao longo de gradientes de pressão. Somente na metade do século XIX a idéia do calórico foi finalmente abandonada em favor da teoria de Newton, graças ao trabalho de Joule e Helmholtz.

À parte os vários ramos da mecânica - incluindo a

ainda problemática teoria do calor- a física newtoniana 92

também abrangia a ótica como um ramo de investigação algo independente. Mesmo assim, ninguém duvidava de que esse território também acabaria sendo compreendido em termos mecânicos e existiam, na verdade, dois desses modelos: o ondulatório de Huygens e o corpuscular de Newton, ambos pretendendo explicar o fenômeno da luz.

Havia ainda uma química rudimentar à qual Newton sempre devotou grandes esforços. O problema era que ainda não havia a menor possibilidade, à época, de explicar os fenômenos químicos em termos matemáticos e muito menós mecânicos, razão pela qual Newton nunca chegou a publicar um tratado separado sobre o assunto. Mas, como era de se esperar, Newton e seus pares estavam fortemente

inclinados a uma teoria mecânica dos átomos, a qual em breve vi-ria a ser considerada em círculos cada vez mais amplos como um dogma científico indiscutível. Como coloca Voltaire, com sua presença de espírito habitual:

Os corpos mais duros são vistos como cheios de buracos como peneiras e, de fato, isso é o que são.

Os átomos são princípios reconhecidos, indivisíveis e imutáveis, aos quais se deve a permanência dos diferehtes elementos e dos diferentes tipos de entes.[9]

É digno de nota, fi^almente, que, além da mecânica e da ótica — e de um atomismo imaginário— os newtonianos estivessem familiarizados também com fenômenos rudimentares da eletricidade e do magnetismo.[10] Por diversos motivos, entretanto, pouco progresso se fez nesse domínio até o século XIX, quando os meios necessários tornaram-se disponíveis e a pesquisa prosperou, culminando na esplêndida teoria de Faraday e Maxwell. Com o surgimento do campo eletromagnético a perspectiva mecanicista começou finalmente a declinar. O conceito da estrutura pura, da forma matemática, estava por suplantar as noções mecanicis-tas da época newtoniana, mas essa foi uma transição gradual. O próprio Maxwell concebia o campo eletromagnético de modo mecanicista em termos de um éter - mais um fluido sutil, invisível e imponderável', à maneira do mal fadado calórico - e essa visão foi aceita em toda parte por algumas décadas. Em retrospecto, percebia-se um poderoso viés em favor de explicações mecanicistas na comunidade científica, o que pareceu exigir toda a força de refinados experimentos mais o gênio corajoso de Einstein para que se superasse essa propensão crônica. A transição foi, entretanto, finalmente alcançada e estamos agora resignados com o campo eletromagnético a ponto de o considerarmos uma

entidade física de direito próprio, como uma ‘estrutura’ a qual não pode ser reduzida a categorias mecânicas.

Muito embora tenhamos nos livrado do éter e não mais sintamos necessidade de modelos mecanicistas, ainda precisamos de suportes sensíveis. O campo eletromagnético, não menos que qualquer outro objeto físico deve, por conseguinte, ser concebido, não certamente, em termos mecanicistas, mas, ainda assim, por meio de representações apropriadas de tipo visual. Como bem sabe todo estudante, o campo elétrico num ponto é dado por um vetor, uma entidade matemática que possui um tamanho e uma direção e que pode ser retratado por uma seta — uma seta pequena, preferivelmente - de tal forma a ser convenientemente localizada no ponto em questão. Posiciona-se a extremidade inicial da seta exatamente no ponto *P.* Com um pouco de esforço podemos visualizar um campo plétrico, num dado instante, como uma distribuição tridimensional de setas similares, as quais mudam de tamanho e direção de acordo com os preceitos da teoria matemática. O mesmo pode ser feito para o campo magnético e, como consequência, para o campo eletromagnético, o qual requer, assim, a disposição de duas setas em cada ponto, correspondentes às componentes elétrica e magnética do campo. Para facilitar ainda mais nossa compreensão podemos, inclusive, pensar nos vetores elétricos como setas vermelhas e os magnéticos como azuis, um artifício que nos permite produ zir-ímagens impressionantes de uma onda eletromagnética.[11] Obviamente não estou sugerindo que ninguém pudesse ser ingênuo o bastante para levar ao pé da letra a noção de “vetores vermelhos e azuis”; meu objetivo, antes, é duplo. Em primeiro lugar, deve-se admitir que, ao menos no plano mental, representações genéricas deste tipo são necessárias e até legítimas como um suporte sensível para o conceito de campo eletromagnético. Mas, sendo este o

caso, torna-se possível, em princípio — e de fato bastante simples— que se reifique o campo eletromagnético. Tudo o que se precisa para isso é que se esqueça que um vetor elétrico ou magnético no ponto *P* não é de fato uma seta, mas algo de natureza totalmente outra, a qual, na verdade, nem pode ser 'visualizada' por método nenhum — exceto, é claro, por meio de um artifício como esse das setas.
Em suma, há um salto a ser feito e pode não ser fácil discernir de fora se uma pessoa 'está olhando para o dedo ou para a Lua'.

Pode-se argumentar, desde um ponto de vista suficientemente pragmático, que tanto faz e isso, em geral, é verdade. Nesse caso, entretanto, ocorre que a coisificação aludida do campo eletromagnético é inadmissível mesmo de um ponto de vista técnico, devido ao fato que tanto o vetor elétrico quanto o magnético não são invariantes de Lorentz. Em outras palavras, a decomposição do campo eletromagnético em suas componentes elétrica e magnética depende da escolha do referencial que se adote. O único que é invariante e, portanto, objetivamente real, vem a ser não um par de vetores num espaço tridimensional, mas o que se chama uma 2-for-ma exterior num espaço-tempo quadri-dimensional. Mesmo assim, nossos 'vetores vermelhos e azuis' ainda preservam sua validade e seu uso como representações do campo eletromagnético - contanto que se compreenda que esse quadro não deve ser tomado ao pé da letra- e que mesmo num sentido formal, ele se aplica apenas a uma classe restrita de referenciais. Quanto à 2-forma exterior, essa também encontra-se à procura de suportes visuais; no entanto, não existe nenhuma "imagem" (nenhuma representação concreta simples no espaço e no tempo usuais) com a qual esse objeto matemático pudesse ser identificado. Dito de outra maneira, o campo eletromagnético não pode ser reificado num modo que seja invariante de Lorentz.

O mesmo se aplica, na verdade, a outras estruturas invariantes de Lorentz e, como consequência, para a física relativista como um todo. Esse é, sem dúvida, o motivo fundamental pelo qual a relatividade nos estarrece de maneira tão formidável: ela é ‘difícil’ em virtude do fato de não poder ser reificada impunemente. Quando se fala do mundo microscópico, o mesmo já ocorre, mesmo que se levante a exigência da invariância de Lorentz, na medida em que o dualismo onda-partícula evidentemente proíbe a reificação das chamadas partículas, pois, de fato, esses objetos não podem ser visualizados consistentemente como partículas, já que no contexto de alguns experimentos eles se comportam como ondas; e, pelo mesmo motivo, tampouco podem ser vistos como ondas. Consequentemente, esses objetos não podem ser visualizados de forma nenhuma e é exatamente isso o que nos desconcerta.

O que se passou no nosso século [12] é que a física foi compelida, em seu próprio território, a rejeitar interpretações ingênuas e a manter uma postura rigorosamente sim-bolista a respeito de representações concretas. Melhor dito, ela se viu forçada a manter tal postura no domínio das altas velocidades e, acima de tudo, no mundo microscópico. Quando se trata do domínio macroscópico usual, ao contrário, a tendência à reificação ainda se manifesta, mesmo em autores que examinam minuciosamente o assunto da ‘estranheza quântica’, como se $10^{2'1}$ átomos pudessem ser mais facilmente visualizados do que apenas um! Ainda está para ser reconhecido que há uma diferença ontológica entre os domínios físico e corpóreo, e que o fosso não pode ser tampado por meio do mero acúmulo do que se chamam partículas.

Capítulo III

1

Usarei a expressão ‘sistema físico’ para denotar um objeto físico concebido em termos de uma dada representação teórica. Diferentes representações de um mesmo objeto dão origem^ portanto, a diferentes sistemas físicos.

2

Sob risco de chover no molhado, poderiamos argumentar da seguinte forma: uma esfera rígida de densidade constante está inteiramente caracterizada por duas constantes numéricas: seu raio R e sua densidade 8. Nenhuma delas, no entanto, é passível de percepção (essas quantidades podem, sem dúvida, ser medidas, mas medir não é o mesmo que perceber, pomo já apontado). Ií, da mesma forma que as quantidades em termos das quais a esfera rígida é definida sao impassíveis de serem percebidas, assim ocorre para o modelo mesmo da esfera rígida. Ainda de outra maneira: ninguém jamais percebeu (no sentido visual) um objeto desprovido de toda cor; mas a esfera rígida não tem cor (lembre que ela é caracterizada por R e 8), sendo por isso imperceptível.

3

Pode-se mencionar que ambos os modos de observação correspondem precisamente aos assim chamados dois modcarda ‘quantidade’: extensão c número |multitu-dej, os quais, ate antes dos tempos modernos, eram concebidos como stíndo irredutíveis um ao outro. Foi Descartes quem tornou nebulosa a distinção pela invenção do que passou a ser chamado de geometria analítica. Mas, seja como for,[1],a distinção entre extensão e número persiste c, a despeito do fato de quase tudo fjojc em dia poder ser “digitalizado”, a necessidade de representações por meio de imagens ainda se faz presente entre nós.

4

Para propósitos terapêuticos é evidente que estamos interessados não apenas em *Ó*(x,y),* mas em *â(x,j,%); é* esta que se faz necessária, afinal de contas, para acusar um tumor ou um objeto estranho. Acrescentemos que este é o assunto de uma disciplina matemática conhecida como tomografia, a qual embasa a tecnologia dos *‘scans’* |= varredura, esquadrinhamentoj.

5

() tato de ambos ocuparem a mesma região do espaço não é de maneira alguma

paradoxal. Para começar, isso não contradiz nossa experiência sensorial já que a percepção cabe somente a X. Do ponto de vista teórico, ademais, não há nada contraditório na noção de duas entidades ocuparem o mesmo espaço: isso ocorre já no caso de campos. Um campo elétrico, por exemplo, pode coexistir com um magnético ou com um gravitacional. Lima vez mais, o que vemos depende da maneira pela qual olhamos. ,

6

Iixiste também, é claro, uma ‘continuidade temporal’ entre X e SX. Isso significa, em primeiro lugar\ que um objeto corpóreo X, considerado num particular instante de tempo, constitui uma presentificação de SX *no mesmo instante,* e, em segundo lugar, que a noção de “intervalo temporal” ou duração, como medida por relógios corpóreos, é levada para o domínio subcorpóreo.

7

A. Einstein e L. Infeld, *The livoliitinn ofPhysics* (New York: Simon ancl Schustcr, 1954), p.33.

8

Pode-se fazer notar a respeito disso que a linguagem — e, logo, também o pensamento- possui obviamente seu suporte sensorial, embora de tipo auditivo. Não obstante, no que toca ã compreensão de estruturas matemáticas, são os símbolos visuais que, sem dúvida, desempenham o papel crucial.

9

W.C.. Gíimpier, *A. Hidory of Science* (Cambridge: Cambridge University Press,

1948), p.167.

10

Newton reconheceu não apenas as forças gravitacionais e eletromagnéticas, mas parece que ele também antecipou as nucleares, como se pode depreender da seguinte passagem na 31a Questão da *Optiks-,* “As atrações da gravidade, magnetismo e eletricidade alcançam distâncias assaz perceptíveis, e foram portanto observadas por olhos vulgares, podendo haver ainda outras que alcancem distâncias tão diminutas que tenham até hoje escapado à observação.”

11

Deve-se certamente levar em conta a dependência temporal para o campo, o que pode ser feito, por exemplo, por meio de uma animação gráfica.

12

A primeira edição é de 1995 (N.T.).

MUNDO MICROSCÓPICO E INDETERMINAÇÃO

Uma coisa é falarmos de um objeto físico genérico - tal como ‘o campo eletromagnético’, por exemplo- e outra é falar de um objeto físico específico, do tipo que existe concretamente e que pode ser realmente observado. Ao passo que basta um modelo matemático ou representação para que o objeto genérico fique determinado, um objeto específico precisa, ademais, de determinações de tipo empírico. É um objeto, em outras palavras, com o qual já estabelecemos algum contato observacional. Por exemplo, podemos falar do planeta Júpiter porque de fato ele já foi visto (ou detectado), e também se podia procurar pelo planeta Plutão (descoberto em 1930), pois este já vinha sendo observado - não diretamente, mas por meio de seus efeitos em outros planetas.

Existem, certamente, gradações de especificação. Não obstante, a distinção entre objetos genéricos e específicos tem razão de ser e acaba sendo crucial. Isso porque a física lida, em primeiro lugar e acima de tudo, com objetos físicos de tipo ‘específico’: estes são seus “vprdadeiros” objetos, diferentemente de entidades tais como o campo eletromagnético, que existem num sentido abstrato, idealizado ou puramente matemático. Os “verdadeiros” objetos da física são, portanto, entidades que não apenas podem ser observadas de maneira adequada, mas objetos que de fato já o tenham sido. Como Júpiter ou Plutão, eles foram especificados com algum detalhe por meio de um conjunto de observações. Usarei o termo ‘especificação’ para me referir ao ato ou atos empíricos pelos quais um objeto físico fica especificado e, desde que se entenda corretamente, podemos na realidade dizer

que um objeto não é específico até que tenha sido especificado.[1]

Consideremos outros exemplos de especificação. No caso de objetos subcorpóreos é normal e natural especificarmos SX por meio do objeto corpóreo correspondente X, ou seja, por meio da presentificação. Por outro lado, também ó possível especificarmos um objeto subcorpóreo SX por meios mais indiretos, como no caso previamente citado de Plutão, por exemplo. Tendo sido especificado de qualquer forma que seja, pode-se proceder a especificações posteriores por meio de determinações adicionais. Como já se disse, a especificação está sujeita a gradações.

Enquanto objetos subcorpóreos podem, de fato, ser especificados por meio de uma presentificação (melhor dito, somente por meio desta), tal não acontece com os objetos transcorpórios, como um átomo ou uma partícula elementar. Dessa forma, quando se chega aos objetos transcorpó-rios, a especificação ocorre necessariamente em dois estágios: primeiro, o objeto tem que interagir com uma entidade sub-corpórea, a qual, por sua vez, é observada (ou tornada observável) por meio de uma presentificação. Considere como exemplo o campo eletromagnético produzido num laboratório: em primeiro lugar, o campo interage com o aparato científico pelo qual ele é gerado; e esse aparato (concebido, por sua vez, como um objeto subcorpóreo) pode então ser observado por meio da presentificação. Ou ainda: um contador Geiger registra a presença (dentro de sua câmara) de uma partícula carregada. A partícula penetra na câmara e causa uma descarga elétrica que é, então, registrada de alguma forma ao passar para o nível corpóreo (na forma de um estalo audível talvez ou pela leitura de um contador). Ora, esta cadeia de eventos constitui, evidentemente, uma especificação da partícula. Pode-se a partir de agora

falar da ‘partícula X’, muito embora possa ocorrer de ser impossível voltar a estabelecer algum contato observacional com ela. Por outro lado, com, o auxílio de um instrumental mais sofisticado, o experimentador pode ser capaz não só de estabelecer um contato observacional inicial com a partícula, mas pode ainda prosseguir fazendo observações adicionais. Tendo especificado a ‘partícula X’, pode-se sujeitá-la a medições posteriores - como foi feito< por exemplo, por Hans Dehmelt, recém laureado com o Nobel,[2] o qual logrou “aprisionar” um pósitron numa *Penning trap* por um período de uns três meses, durante o qual a partícula (apelidada ‘Priscilla’) pôde ser observada com níveis de precisão sem precedentes.

Mas, seja como for, o que nos interessa no momento é o fato geral seguinte: estejamos lidando com uma partícula fundamental ou com a mais simples entidade sub-corpórea, não se pode falar de um objeto físico X antes que se estabeleça com ele um contato observacional inicial. Objetos físicos simplesmente não “crescem em árvores”; eles precisam, primeiro que tudo, ser ‘especificados’ no sentido técnico que demos a esse termo.

♦

Surge aqui a questão de se é possível especificarmos um objeto físico tão completamente que o resultado de qualquer observação adicional possa ser previsto ou que já esteja determinado previamente. Seria propício recolocarmos a questão em termos um pouco diferentes após a introdução de distinções adicionais. Em conformidade com o uso consagrado, chamarei ‘sistema’ a uma representação abstrata ou matemática de um objeto físico. Assim, um objeto físico concebido em termos de uma dada representação chamar-se-á sistema físico. É a representação (ou a descrição abstrata) que define,

ademais, os ‘observáveis’, sendo estes as quantidades associadas ao sistema físico passíveis de determinação empírica. O que é e o que não é um observável depende, assim, não apenas do objeto, mas também da maneira como ele é concebido. Uma bola de bilhar, por exemplo, se considerada como uma esfera rígida, admite um número indefinido de observáveis um tanto triviais (a começar por sua massa, seu diâmetro e suas co-ordenadas de posição e velocidade); concebida, entretanto, como um arranjo de átomos, ela admite todo um outro conjunto de observáveis. Como consequência, a especificação refere-se ao sistema físico e não ao objeto como tal. Dado um sistema físico e um subconjunto de seus observáveis, pode-se afirmar que este subconjunto é es-pecificável se formos capazes de medir cada um daqueles observáveis que constituem o subconjunto, de maneira tal que, após o término do experimento, os valores de todos eles sejam conhecidos. A questão colocada acima passa então a ser compreendida da seguinte maneira: dado um sistema físico, existe ou não um subconjunto especificável de seus observáveis, a determinação experimental dos quais definirá os valores de todos os outros observáveis do sistema? Seria possível, em outras palavras, tornar o sistema físico completamente determinado por meio de uma especificação? Sabemos hoje, à luz da teoria quântica, que esta pergunta deve ser respondida negativamente. Não pode haver na realidade uma coisa tal como um sistema físico completamente determinado, para o qual valores exatos de todos os observáveis possam ser previstos. Isso ocorre não apenas porque se. é incapaz de controlar ou de monitorar forças externas com a precisão necessária, mas igualmente por conta de uma certa indeterminação residual, intrínseca ao sistema físico mesmo, a qual nenhum grau de especificação poderia afastar.

Por outro lado, contanto que se esteja lidando com sistemas físicos de escala macroscópica suficientemente simples, os efeitos desta indeterminação residual podem não ser mensuráveis ou então serem tão pequenos de maneira a não desempenharem nenhum papel.[3] De uma maneira formal e aproximada, por conseguinte, pode-se falar que tal sistema físico tenha sido determinado, e são deste tipo, sem dúvida, os sistemas com os quais a física clássica lida e aos quais ela se aplica. Tal sistema pode então ser descrito ou representado em termos de um conjunto completo de observáveis — um conjunto em termos dos quais todos os outros observáveis podem ser expressos. Isso significa que não mais precisamos distinguir entre o sistema enquanto tal e seus observáveis, o primeiro podendo, com efeito, ser identificado com um conjunto completo dos últimos. Por exemplo, o que é um campo elétrico, concebido classicamente? É uma distribuição contínua de vetores elétricos: de observáveis, portanto! Tal redução de um sistema a um subconjunto de seus observáveis, ademais, está de fato implicado no formalismo mesmo da física anterior à teoria quântica, a qual lida exclusiva mente com relações funcionais entre quantidades observáveis. Dessa maneira, um sistema físico clássico é nada mais do que uma distribuição no espaço e no tempo de certas magni-tudes que, escalares ou vetoriais, são observáveis.[4]

Onde aparecer a indeterminação, por outro lado, o formalismo clássico sucumbe. Precisa-se aí fazer uma distinção categórica entre o sistema físico S e seus observáveis, a totalidade dos quais não podendo, em princípio, ser determinada por meio de especificação. A redução clássica (do sistema a seus observáveis) é, consequentemente, admissível somente no que se chama limite clássico, isto é, sob condições que garantam que os efeitos da indeterminação não serão mensuráveis ou não terão papel significativo. Fora deste limite (deste domínio

restrito), a física requer um formalismo não clássico - uma necessidade brilhantemente suprida em 1925 com a descoberta da mecânica quântica. O novo formalismo, como sabemos, faz distinção entre sistema e observáveis e nessa base nos capacita a levar adiante a atividade da física em face da indeterminação.

É muito comum fazermos distinção entre os mundos chamados microscópico e macroscópico - como se o universo físico pudesse, de algum modo, ser cindido em dois subdomí-nios que correspondessem a essas designações. Pode-se perguntar, com razão, exatamente quantos átomos ou partículas subatômicas são necessárias para levar-nos do mundo microscópico para o macroscópico; mas, aí, qual seria a razão de ser desta distinção? Ora, o ponto, assim parece, é que sistemas macroscópicos supostamente se prestam a descrições mais ou menos de um tipo ‘contínuo’. Eles consistem de agregados atômicos ou subatômicos que podem ser efetivamente aproximados por modelos clássicos. Precisamos deixar claro, porém, que a distinção entre agregados ‘macro’ ou ‘micro’ é desprovida de qualquer significado ontológico. Dito de outra forma: a noção de sistema macroscópico, em particular, pertence a um território prático ou pragmático; tem a ver com graus de aproximação e com a exequibilidade de certos modelos simplificados. Na realidade, contudo, todo objeto físico constitui um sistema microscópico em virtude do fato de ser composto por átomos e partículas subatômicas. O mundo microscópico, assim, longe de constituir um subdomínio, coincide verdadeiramente com o universo físico em sua totalidade.

Entrementes, as diferenças de escala têm seu significado. A questão, todavia, não é que a realidade física torne-se de alguma maneira estranha no ‘mundo diminuto’, mas que nos vemos obrigados, ao mover-nos em direção ao

diminuto, a descartar modelos idealizados e a tratar, em algum momento, o objeto físico como um agregado de partículas fundamentais. A circunstância de que objetos físicos sem exceção sejam, na verdade, compostos destas chamadas partículas significa que a física dessas ‘partículas’ é, de fato, a física fundamental. Logo, a física é forçada a descer ao seu nível mais fundamental, aos domínios atômico e subatômico.

Mesmo assim, persiste a crença de que o universo físico torna-se cada vez mais ‘estranho’ à medida que nos aproximamos dessas dimensões diminutas. Grandes objetos se comportam, supostamente, de um modo mais ou menos fa[1] miliar e de maneira razoável, enquanto átomos e partículas o fazem de maneira assaz bizarra. Tão bizarra, na verdade que, de acordo com algumas autoridades, até mesmo as costumeiras leis da lógica cessam de valer nesse domínio fantástico. Entretanto, segue-se do que dissemos acima que os objetos da física chamados macroscópicos são, na realidade, tão estranhos quanto os elétrons ou os quarks, com a ressalva que, quando se fala dos primeiros, frequentemente nos é permitido ignorar essa estranheza e conceber o objeto em termos de um modelo clássico — do tipo exatamente que corresponde aproximadamente às exigências de nossa imaginação e senso comum. Contudo, o que nos é familiar é justamente o modelo, mas não o objeto como tal. Mesmo assim, podemos acrescentar que os modelos somente correspondem à nossa imaginação porque damos em sequência um segundo passo: de um modo/ou de outro, identificamos o modelo clássico com um objeto: corpóreo de algum tipo; em suma, após passarmos ao limite clássico, reificamos o objeto. E, *afi/* nal — após retornarmos em segurança à terra firme do domínio corpóreo- reencontramos o mundo familiar, já que, na verdade, para nós o familiar é nada mais do que o perceptível.

A par disso, o mundo microscópico — e, portanto, o universo físico como um todo- parece agir de forma ‘estranha’, no sentido de não poder ser percebido nem imaginado; mas isso não significa que possua um tipo específico de ‘estranheza quântica’, uma estranheza à qual popularmente se associa um comportamento peculiar. Por exemplo, não é verdade de maneira alguma que o elétron seja às vezes uma partícula e às vezes uma onda, nem que ele consiga ser ambas ao mesmo tempo, nem tampouco que ele ‘salte’ erraticamente de ponto para ponto, etc. Pois esse tipo de ‘estranheza quântica’ se deve simplesmente a uma falha em conseguir distinguir entre um sistema microscópico como tal e seus observáveis (o elétron, nesse caso, e sua posição, momento e outras variáveis dinâmicas). Com efeito, tratam-se essas últimas como atributos clássicos do elétron quando, na verdade, não são e nem poderíam ser. Ou, para colocar de outra maneira: sem nenhuma razão, projetamos sobre o elétron os resultados de medições distintas que o perturbam e ele parece então combinar atributos que são logicamente incompatíveis e é aí, então, que o elétron parece ser ambas: partícula e onda, ou entrar num regime de ‘saltos’, os quais de fato desafiam a compreensão. Conclui-se que esse tipo de ‘estranheza quântica’ resulta de um realismo acrítico e ilegítimo, um realismo que, na verdade, confunde o plano físico com o corpóreo.

A interpretação de Copenhagen em voga, por outro lado, evita essa armadilha ao abster-se totalmente do realismo com relação ao mundo microscópico. ‘Não há um mundo quântico’, diz Bohr (ainda que tenha havido um debate considerável a respeito do que exatamente ele quis dizer com isso, os adeptos dessa interpretação normalmente se evadem de uma concepção abertamente realista dos sistemas mi-' croscópicos). Sua tendência dominante é manter-se longe da, digamos, encrenca,

apelando para uma postura basicamente positivista quando se trata do mundo microscópico.

Para nós, ao contrário, o mundo microscópico é objetivamente real - tão real, certamente, quanto o universo físico como um todo, com o qual, aliás, coincide.

♦

Tem-se freqüentemente dito que o mundo microscópico é indeterminista," baseando-se a afirmativa, ao que parece, no princípio da incerteza de Heisenberg (ou o que dá no mesmo, no fenômeno da indeterminação). Porém, falta saber se a incerteza (ou indeterminação) de Heisenberg implica o indeterminismo. [5]

Para começar, deve-se notar que a incerteza^ de Heisenberg não se refere ao mundo microscópico ou ao universo físico como tal, mas ao resultado de medições e, portanto, a uma passagem desde o plano físico para o corpóreo. No território do próprio mundo microscópico, ao contrário, não existe uma coisa tal como a incerteza de Heisenberg. Não se pode dizer, por exemplo, que a posição ou o momento do elétron sejam incertos ou indeterminados, pela simples razão que um elétron - tomado em si mesmo— não possui posição (e tampouco momento). No jargão técnico, ele é descrito por um vetor de estado, o qual, usualmente, não é um auto-vetor de nenhum desses observáveis.

O quê, então, o chamado vetor de estado de um sistema físico nos pode dizer sobre um observável? Duas coisas acima de tudo, ambas em caráter probabilístico e, como consequência, de natureza estatística em seu conteúdo empírico. Em primeiro lugar, o vetor de estado determina um valor esperado, ou seja, o valor médio do observável se

for realizado um grande número de observações (este conceito pode ser, de fato, interpretado em termos precisos). E, em segundo lugar, o vetor de estado determina o chamado desvio padrão, outra grandeza estatística, a qual nos diz o quanto, na média, os valores observados se desviam do valor esperado mencionado acima. Desnecessário dizer que essa noção tem também um sentido estatístico preciso.

Recordemos que o princípio de incerteza de Heisenberg tem a ver com os desvios padrão A*p* e A*q* associados às variáveis conjugadas *p* e *q.* O que o princípio afirma, de fato, é que

A*p* A*q* > *h/2n,*

onde h é a constante de Planck. O princípio constitui uma afirmação matemática precisa, a qual pode ser derivada dos axiomas da teoria quântica e interpretada empiricamente em termos de *ensembles* estatísticos. :tó

A teoria quântica baseia-se no fato de que o vetor de estado (ou sistema físico), apesar de não determinar, em geral, o resultado de medições individuais, determina, não obstante, a distribuição estatística dos resultados possíveis. A par disso, por outro lado, não há nada ‘incerto’ a respeito do sistema físico enquanto tal. O caso é, na verdade, análogo ao de uma moeda, a qual pode dar ‘cara’ ou ‘coroa’ quando lançada. Aqui também, o fato de não podermos prever de qual lado a moeda vai cair não significa que a moeda esteja de algum modo “indeterminada”: em outras palavras, a chamada incerteza pertence obviamente ao lançamento e não à moeda. Acrescentemos que é esta última - não menos que um sistema quântico- quem determina a distribuição de probabilidade de seus ‘observáveis’. Ela determina, por exemplo, a distribuição (e,

consequentemente, tanto o valor [6] esperado quanto o desvio padrão) da quantidade de/‘caras’ em *n* tentativas - como bem se recorda todo estudante de teoria da probabilidade.

Se os sistemas quânticos não são, portanto, ‘incertos’ por si mesmos, serão eles, não obstante, indeterminísticos? Ora, dizer que um sistema físico é determinístico é afirmar que a sua evolução está unicamente determinada por seu estado inicial (supondo, certamente, que conheçamos as forças externas atuantes sobre o sistema). Mas é exatamente isso o que faz a célebre equação de Schrõdinger! O mundo microscópico é, portanto, determinístico de fato, muito embora os sistemas físicos sejam indeterminados. Podemos colocar da seguinte maneira: o estado inicial de um sistema físico isolado (ou o de um sistema sujeito a forças externas conhecidas) determina de fato seus futuros estados, mas acontece que o estado do sistema não determina em geral os valores de seus observáveis. Não ocorre, portanto, nenhum conflito entre determinismo e indeterminação e, para falar a verdade, a teoria quântica joga com ambos. A equação de Schrõdinger garante o determinismo enquanto o princípio de Heisenberg garante a indeterminação.

Pode-se levantar a objeção de que uma medição destrói o determinismo já que, como se sabe, uma medição efetuada num sistema físico pode causar o chamado colapso [7] do vetor de estado, constituindo um evento que viola a equação de

Schrõdinger. Poder-se-ia dizer que a medição invalida o determinismo ao interromper a evolução “normal” do sistema físico. Deve-se recordar, contudo, que sistemas físicos são especificados por meio de medições. Pelo fato, portanto, de uma medição fazer colapsar o vetor de estado,

ela constitui um ato de especificação que altera o estado e, dessa maneira, o sistema físico “real”. O sistema físico X, no qual definhamos a atenção previamente à medição, em geral, não mais será o mesmo que o sistema Y resultante dessa especificação adicional. Contanto que se esteja lidando com sistemas físicos determinados, certamente o sistema pode ser especificado de uma vez por todas, pois não há, aí, o colapso do vetor de estado e nenhuma mudança de especificação - ou “perda de identidade” - que resulte de atos de medição subsequentes. Quando se trata de sistemas indeterminados, ao contrário, medições subsequentes resultarão, em geral, na especificação de um novo sistema físico. Pode-se dizer que o sistema físico original chegou a um fim — ou se metamorfo-seou- pelo colapso de seu vetor de estado. Seguramente os sistemas quânticos não são perduráveis, nem são eles “absolutos”, existindo, igualmente, ‘para nós’, como objetos de in-tencionalidade. Esses fatos básicos, contudo, não afastam o determinismo, a razão estando no fato de que o sistema quântico se comporta, enquanto perdura, de modo determinista.

De maneira patente esse determinismo quântico está a léguas de distância do clássico. Todavia, o que se perdeu não foi tanto o determinismo, mas o reducionismo, a Suposição clássica de que o mundo corpóreo não é ‘nada além’ do físico. Na verdade, foi esse axioma que saiu de moda como efeito da distinção, pelo formalismo quântico, entre o sistema físico e seus observáveis. Como vimos, a física quântica atua necessariamente em dois planos, no físico e no empírico; ou, melhor dito, no físico e no corpóreo, pois devemos nos lembrar que os dois tipos de observação (tanto a medição quanto a visualização gráfica em tela) têm seu término necessariamente no domínio corpóreo. Comparecem, assim, esses dois planos ontológicos e há uma transição desde o físico para o

corpóreo provocando o colapso do vetor de estado. O colapso exprime não um indeterminismo no nível físico, mas uma descontinuidade entre os domínios físico e corpóreo.

Não obstante, embora o próprio formalismo da mecânica quântica proclame a existência desses dois níveis e clame para que se reconheça esse fato, o viés reducionista em voga tem obstado esse reconhecimento. Não chega a surpreender, portanto, que a interpretação ontológica da mecânica quântica não se tenha firmado.

A mecânica quântica sugere que sistemas físicos microscópicos constituem um tipo de potência com relação ao mundo real. Como pontifica Heisenberg, eles ocupam, com efeito, uma posição intermediária entre a não existência e a realidade e a esse respeito são uma reminiscência das chamadas *potentiae* aristotélicas.

Para entendermos mais claramente, precisamos dar uma olhada mais de perto no formalismo da mecânica quân-tica. Primeiro, todo observável admite uma série de valores possíveis (chamados autovalores) e, em geral, uma medição de um dado observável pode fornecer qualquer um destes resultados possíveis. Um sistema físico também pode estar, porém, num estado no qual o valor do observável em questão esteja determinado com certeza e esses estados são chamados auto-estados. Por exemplo, se uma medição do observável produz o autovalor *1,* então saberemos que o sistema, naquele instante, estará no auto-estado correspondente a A.:M

Já aludi ao fato de um sistema físico, concebido de acordo com a mecânica quântica, ser representado por um vetor de estado ou, de modo mais preciso, que vetores de estado representam *estados* de um sistema físico.[8] [9] Isso, evidentemente, explica a noção de autovetores à qual já me

referi (na discussão sobre a indeterminação): um autovetor, assim, é um vetor de estado correspondente a um auto-estado.

Ora, devemos nos lembrar que vetores podem ser adicionados e também multiplicados por um número (real ou complexo, conforme o caso); isso significa que vetores podem ser combinados para formar somas ponderadas. Assim, cada soma ponderada de vetores de estado (contanto que não seja nula) define um outro vetor de estado.[:iü] Dado o fato de que vetores de estado representam estados do sistema físico, cada uma das somas ponderadas corresponde a um estado físico. Chegamos então ao que se chama princípio da superposição, o qual afirma que somas ponderadas de vetores de estado correspondem a superposições reais de estados. Sucede, em outras palavras, que operações algébricas pelas quais formamos somas ponderadas de vetores de estado (com coeficientes complexos, nada menos) carregam um significado físico. Existe, se quisermos, uma ‘álgebra dos estados’, a qual nos permite representar estados físicos de variadas maneiras como uma superposição de outros estados.[17] [10] [11]

Surge aqui a pergunta de se, para um observável qualquer, cada estado do sistema pode ser representado como uma superposição de auto-estados. Em outras palavras, poderá cada vetor de estado ser expresso como uma soma ponderada de autovetores pertencentes àquele observável? Se isso não for possível, sempre se pode, de maneira geral, obter uma representação análoga por meios matemáticos mais sofisticados.[:iH] Porém, para evitar complicações técnicas que não vêm ao caso, trabalharei com a suposição de que todo observável possui um conjunto ‘completo’ de autovetores, um' conjunto, isto é, em termos do qual cada

vetor de estado possa ser expresso como uma soma ponderada.

Ora, o que tudo isso tem a ver com a afirmação de Heisenberg de que os sistemas quânticos constituem um tipo de *potentia* aristotélica? Expliquemos. Considere a representação de um vetor de estado como uma soma pondera- [12] da de autovetores correspondentes a um dado observável. Cada autovetor corresponde a um auto-estado e, portanto, a um possível resultado de um experimento levado a efeito. Ele representa assim certa possibilidade realizável empiri-camente, a probabilidade da qual vem determinada pelo peso com o qual aquele autovetor aparece na soma.[13] [14] O próprio vetor de estado, por ser uma soma de autovetores, pode consequentemente ser encarado como um conjunto ou síntese das possibilidades em questão. Se supusermos (como temos feito) que o vetor de estado pode ser expresso como uma soma ponderada de autovetores para todo e cada observável, ele constituirá, por esse mesmo motivo, uma síntese de todos os possíveis resultados de cada medição concebível que pode ser levada a efeito no sistema físico dado.'[10]

Ao término de um processo de medida, por outro lado, o sistema estará num auto-estado pertencente ao observável considerado. Se o vetor de estado, anteriormente à medição, já consistisse de uma soma ponderada de auto-vetores, o sistema passaria então para um particular auto-vetor ou, para colocar de outro modo, para uma soma de auto-vetores na qual todos os coeficientes, menos um deles, serão nulos. O vetor de estado colapsou: num instante ele se reduziu a um único auto-vetor do observável em questão: uma única possibilidade, ou seja, uma probabilidade que saltou agora para o valor 1, o que indica certeza. Por um ato de medição, um elemento particular do conjunto de possibilidades foi

agora selecionado e concretizado no nível empírico, vale dizer, no mundo corpóreo. 0 sistema físico, tomado como um conjunto de possibilidades foi, assim, ‘atualizado’. Mas apenas em parte! Pois, muito embora o valor de um observável particular tenha sigo agora determinado, para a maioria dos outros observáveis o sistema permanece numa superposição de au-to-estados. Por conseguinte, a despeito de atualizações particulares efetuadas através de algumas medições, o sistema é e continua sendo um conjunto ou síntese de possibilidades. Nas palavras de Heisenberg, ele não é na verdade uma ‘coisa ou fato’, mas, igualmente, uma potencialidade, um tipo de *potentia.*

Como a própria terminologia aristotélica sugere, a concepção de sistemas físicos e do colapso do vetor de estado à qual chegamos são concepções clássicas de algum modo e podem, de fato, ser compreendidas desde um ponto de vista da metafísica tradicional. Há muito já se sabe que a transição do possível ao atual[15] - ou da potência para a manifestação - impõe necessariamente um ato de determinação: a escolha de um resultado particular dentre um conjunto de possibilidades. A geometria euclidiana, ademais, exemplifica esse processo claramente, contanto que se entenda essa disciplina à maneira antiga. Deve-se recordar que, antes de Descartes, o continuum geométrico - o plano euclidiano, por exemplo- era concebido como uma entidade de direito próprio e não apenas como a totalidade de seus pontos. De acordo com a visão pré-Cartesiana, não *há* de fato nenhum ponto no plano até que, bem entendido, eles sejam trazidos â existência por meio da construção geométrica. Concebido à maneira clássica, o plano enquanto tal é vazio, em si mesmo constitui um tipo de vacuidade, uma mera potência, na qual nada ainda foi atualizado. Só então é que se constrói um ponto ou uma linha, seguidos por outros elementos geométricos até obter-se uma determinada figura. Devemos notar que essas

determinações não podem de modo algum ser feitas dedutivamente, não podem se dar com base em alguma regra pré-estabelecida e essa é uma situação que desafia a mente analítica. Ainda, um ato determinante é de fato mais que uma mera escolha, a mera seleção de um elemento de um dado conjunto, pois ele traz à existência - como se fosse *ex nihilo*- algo que previamente não existia como um ente atual. Concebida classicamente, a construção geométrica é um símbolo da cosmogênesis: poderiamos dizer que ela imita ou exemplifica o próprio ato criador no âmbito da matemática.

Voltando à mecânica quântica e, em particular, ao ato da medição, percebemos que ele pode ser de fato interpretado em termos ontológicos tradicionais. O ato de medição, assim, é a atualização de certa potência, potência essa representada pelo vetor de estado (ainda não colapsado), o qual contém dentro de si, como vimos, o espectro inteiro das possibilidades que podem ser manifestadas por meio da medição. Logo, o ato de medir algo equivale ao ato de determinar, que se efetua no plano corpóreo: no estado de um instrumento corpóreo, para ser exato. Para baixo do nível corpóreo estamos lidando com as *potentiae* (possibilidades), ao passo que a atualização dessas *potentiae* é levada a efeito no plano corpóreo. Não sabemos como sucede essa transição.[16] De alguma maneira uma determinação - uma seleção de um resultado particular dentro de um espectro de possibilidades — vem a efeito. Não sabemos se isso acontece por acaso ou por obra de algum desígnio; o que sabemos é que por alguma razão o dado é lançado. E esse ‘lançamento do dado’ constitui na verdade o ato decisivo: é assim que o sistema físico cumpre seu papel como uma potência em relação ao domínio corpóreo.

Uma palavra a respeito do princípio da superposição: Dirac talvez tenha sido o primeiro a perceber que o princípio não tem correspondente no domínio clássico. É verdade que soluções de uma equação linear homogênea podem ser 'superpostas' e este fato embasa a análise de Fourier para sistemas oscilatórios clássicos, por exemplo. Mas como Dirac deixou claro: "A superposição que ocorre na mecânica quân-tica é de natureza essencialmente diferente de qualquer das que ocorre na teoria clássica, como demonstra o fato que a superposição quântica exige, para que se tenha uma interpretação física coerente, uma indeterminação nos resultados das observações."[17] Assim, o princípio da superposição aplica-se necessariamente a um nível de realidade no qual ainda não foram fixados os valores dos observáveis, a saber, ao mundo microscópico, o qual é um território de possibilidades, um domínio sub-atual. A transição para a atualidade deve, consequentemente, envolver certa 'de-superposição' que não é nada mais que o colapso do vetor de estado.

Não há nada no vetor de estado em si que possa explicar ou dar conta desse ato de determinação, da mesma maneira que não há nada no plano euclidiano que nos permita, por meio de algum tipo de regra, fazer a seleção de um ponto ou de uma linha. Por outro lado, visto que o ato da medição sobre um sistema requer a interação com um segundo sistema, não deveria surpreender que o primeiro, por si só, não fosse suficiente para explicar o colapso do vetor de estado. Entretanto, o que tem desafiado os físicos é que, mesmo considerando um segundo sistema, não nos saímos melhor, pois sucede de o sistema combinado estar também numa superposição de auto-estados de um dado observável. Apesar disso ser perturbador ou até paradoxal a quem escape a distinção entre os planos físico e corpóreo, não se poderia esperar outra coisa assim que reconhecemos essa distinção fundamental. A questão é que

a transição da potência ao ato exige inescapavelmente um ato criador - um *fiat* criador, poderiamos dizer- o qual nada no domínio da potência pode dar conta ou explicar. Nada pertencente ao plano físico poderia fazer com que o vetor de estado colapsasse, por mais inquie-tante que este fato pareça àqueles que imaginam que não há nada além do plano físico.

Essas considerações, reconheço, não resolvem o chamado problema da medição; mas, não obstante, deixam claro por que as tentativas usuais para encontrar uma solução têm falhado. Deixarei para um capítulo posterior a questão de se a mecânica quântica constitui uma teoria 'completa' ou não; o ponto que nos interessa agora é que a mecânica quântica poderia, no máximo, ser uma teoria completa do universo *físico*, pois fica claro que, como a ordem corpórea não pode ser reduzida à física, nem a mecânica quântica nem qualquer outra teoria física poderia ser 'completa' de maneira irrestrita. Só o que se pode esperar, portanto, é que uma teoria física bem formulada dê testemunho dessa limitação ontológica. Assim, não causa surpresa que a evolução de Schrõdinger de sistemas físicos exponha 'lacunas' que a própria mecânica quântica não pode prever e que elas apareçam precisamente quando se chega à transição fatídica que nos leva para fora do domínio físico. Longe de indicar imprecisão, essa característica básica da mecânica quântica dá provas, pelo contrário, de sua correção e suficiência. A aparente completude da física clássica, por outro lado, dá sinal de estarmos lidando na verdade com abstrações convenientes e não tanto com realidades físicas. Há razão, afinal, no preceito provocativo de Whitehead: "A exatidão é uma fraude."

Voltando ao princípio da superposição, devemos notar que, no caso de um sistema subcorpóreo, algumas superposições devem ser evidentemente descartadas. No caso de

um instrumento científico, por exemplo, um ponteiro não pode apontar para duas posições distintas ao mesmo tempo. Assim, para qualquer sistema subcorpóreo SX, deve-se supor que apenas estados que sejam “perceptivelmente indistinguíveis” podem aparecer superpostos. O motivo, claramente, é que o objeto subcorpóreo é parcial mente atualizado por meio da presentificação - e a atualização, como sempre, acarreta uma determinação e, portanto, uma de-superposição.

E interessante que esse reconhecimento resolve de vez o chamado paradoxo do gato de Schrõdinger. Um único átomo radioativo é posto na presença de um contador Geiger. Se o átomo vier a se desintegrar, acionará o instrumento, o qual, por sua vez, disparará certa cadeia de eventos cuja consequência final é a morte do gato de Schrõdinger. Ora, supondo que o átomo esteja numa superposição de estados (são eles: já desintegrado e ainda não desintegrado), costuma-se inferir que o contador Geiger e também o gato devam estar numa superposição análoga. Isso seria rigorosamente verdadeiro se o instrumento e o gato fossem sistemas quân-ticos e nada mais. Mas sucede que ambos os sistemas são subcorpóreos e que a superposição em questão é do tipo que deve ser descartada: não é possível que um contador Geiger dê um “click” e não dê um “click” num dado intervalo de tempo, como tampouco é possível para um gato estar ao mesmo tempo vivo e morto no final do experimento. Estando o vetor de estado (normalizado) do átomo na forma

$$0{,}6|v/,) + 0{,}8|v/_2)$$

por exemplo, onde | V^y i) e | V^x:) correspondem aos estados do átomo já desintegrado e ainda não desintegrado, respectivamente, isso não implica que o vetor de estado associado ao gato esteja numa superposição

correspondente. De forma alguma significa isso que o gato esteja 36% morto e 64% vivo;[18] longe disso, o significado é de que o gato tem uma chance de 64% de sobrevivência - um resultado que certamente precisa ser interpretado em termos estatísticos.

Não há nenhum mistério excepcional aqui. Tampouco se faz necessário (como alguns sugeriram) que se abra a portinhola [19] e se dê uma espiada no pobre gato para que colap-semos seu vetor de estado. O gato faz colapsar seu próprio vetor de estado, podemos dizer, pelo fato de sua existência se dar no plano corpóreo.

*

Como notamos acima, a frequente afirmação de que o mundo microscópico seja indeterminístico - ou vago e indistinto- repousa, afinal, na confusão entre os domínios físico e corpóreo. O fato, por exemplo, de que a posição e o momento do elétron não possam ambos ser conhecidos precisamente ao mesmo tempo é tomado pelos proponentes do indeter-minismo como significando que o elétron mesmo seja mal definido, ou sujeito a um comportamento errático. Esquece-se é que a partícula - ou seja, o sistema físico- é uma coisa e seus observáveis, outra. Em outras palavras, esquece-se que o elétron como tal *não possui* nem posição nem momento (a menos, claro, que suceda de ele estar num auto-estado do observável em questão). Ao contrário, a chamada partícula não é nem vaga nem indistinta, nem tampouco salta para um lado e para o outro de uma maneira bizarra e errática. De todas as coisas com as quais a física lida, de fato não existe nenhuma que seja conhecida de forma mais precisa que o elétron.

Devemos mencionar, a esse respeito, seus atributos chamados estáticos, tais como massa, carga e

spin. Diferentemente dos atributos dinâmicos - os quais, como vimos, não são atributos de forma alguma— essas quantidades pertencem, de fato, ao elétron e são passivas de serem medidas com precisão espantosa. Medidas recentes do momento magnético, por exemplo, fornecem o valor, nas unidades apropriadas, de 1,001 159 652 188 com um possível erro de 4 no último algarismo.[1''] Como apontou Richard Feynman: “Se fôssemos medir a distância de Los Angeles a Nova York com essa precisão, teríamos um resultado exato a menos da espessura de um fio de cabelo humano.”[20] [21] Ainda mais, esta quantidade pode também ser calculada por meio da eletrodi-nâmica quântica: a resposta é dada pela soma de uma série infinita convergente, na qual os termos sucessivos decres-cem rapidamente, mas são cada vez mais trabalhosos de se avaliar. Mesmo que os cálculos completados até hoje ainda não casem com a precisão dos experimentos recentes, os dígitos 1,001 159 652 foram já confirmados.[4S] Não se conhece nenhum domínio da física no qual se dê um acordo tão fantástico entre teoria e experimento.

O fato é que a física está à vontade no mundo microscópico, no nível dos átomos e das partículas subatômicas. E aqui, exatamente, que as coisas tornam-se precisamente definidas. Não mais precisamos trabalhar com parâmetros macroscópicos brutos (tais como o raio de um planeta ou a densidade disto ou daquilo). Ao contrário, podemos lidar com constantes fundamentais: a massa, a carga ou o momento magnético do elétron, por exemplo. Além disso, a transição da mecânica clássica para a quântica, longe de complicar o formalismo, traz uma simplificação formidável, visto que o princípio da superposição põe em jogo o que, na verdade, é a mais manejável das estruturas matemáticas: o espaço de Hilbert. Todo matemático sabe bem a comodidade que é poder

trabalhar com um espaço linear; tal espaço é, matematicamente falando, o melhor dos mundos possíveis. Em suma, podemos dizer que os domínios atômico e subatômico são ‘feitos sob encomenda’ para o físico de profissão; é aqui que encontramos as formas matemáticas fundamentais desobstruídas das complexidades acidentais.

Mas, o que são essas ‘formas’ fundamentais? Nada mais, somos forçados a responder, que os genuínos arquétipos do mundo microscópico e, por sua vez, do universo físico [22] como um todo. O objetivo principal ou a função principal da física - de acordo com essa visão inerentemente platônica-é, desse modo, ascender do domínio empírico para o nível dos arquétipos matemáticos. São estes que constituem seus verdadeiros objetos e não suas reflexões passageiras no plano empírico.

Apesar disso, essa visão ontológica vai obviamente de encontro ao espírito dominante de nosso tempo. Somos inclinados a atribuir realidade ao mundo empírico e a considerar as formas matemáticas - às quais Bohr se refere, no contexto da microfísica, como a ‘descrição quântica abstrata’— como pouco mais que meios artificiais de lidar com os dados empíricos.[23] Assim, para o nominalista, é a forma matemática que de alguma maneira aproxima o dado empírico, ao passo que o platonista, por seu turno, insiste no contrário: são os dados empíricos que refletem — e, num certo sentido, aproximam - a forma matemática. Tudo isso equivale a uma questão de prioridade ontológica, do que vem primeiro: o universal ou o particular, o constante ou o efêmero.

Contudo, deve-se admitir que uma postura realista frente ao mundo microscópico somente pode ser sustentada em bases platônicas. Átomos e partículas subatômicas podem

ser considerados ‘reais’ apenas na medida em que as formas matemáticas sejam arquétipos genuínos. Como colocou Heisenberg: “A coisa em si é no final das contas, para o físico, caso ele faça mesmo uso desse conceito, uma estrutura matemática.”[24]

Parece que os fatos estão definitivamente a favor da hipótese platônica. De que outra maneira poderiamos explicar o espantoso sucesso da física matemática?

*

Dentre as muitas e variadas filosofias da física contemporâneas, de longe a que mais se aproxima da posição esposada nesta monografia é a filosofia de Werner Heisenberg. Seria interessante compararmos agora essas duas doutrinas.

É bem sabido que Heisenberg considerava-se membro da escola de Copenhagen. Em suas mãos, contudo, a chamada interpretação de Copenhagen tomou uma forma diferente ao assumir uma visão realista do mundo microscópico, baseada na concepção aristotélica de potência. De acordo com Heisenberg, existem dois domínios ontológicos: “Nas experimentações com fenômenos atômicos, temos que lidar com coisas e fatos, com fenômenos que são tão reais quanto aqueles da vida cotidiana. Mas os próprios átomos e partículas elementares não exibem o mesmo tipo de realidade: eles dão lugar a um universo de potencialidades e possibilidades ao invés de um Mundo de coisas e fatos.”[5'] Para lidarmos com esses domínios díspares, ademais, a física precisa de duas linguagens: a da física clássica, em primeiro lugar, a qual se aplica ao mundo das ‘coisas e fatos’ - e aos instrumentos de laboratório que formam parte desse mundo factual- e a linguagem da mecânica quântica, a qual se aplica ao domínio das potencialidades. No vetor

de estado, interpretado *à la* Born como um tipo de onda de probabilidades, Heisenberg distingue "uma versão quantitativa do velho conceito de *'potentia'* da filosofia aristotélica (...)"[25] [26] [27] Não se pode negar, certamente, que uma onda de probabilidades envolva elementos subjetivos, mas a característica básica da filosofia de Heisenberg é sua insistência em que esta onda de probabilidades carrega também um conteúdo "completamente objetivo" — na forma, precisamente, de afirmações a respeito de *potentiae.*[5Z]

Desse modo, a teoria quântica lida com dois domínios ontológicos e a lacuna é preenchida por meio da medição, da observação:

"Portanto, a transição do "possível" ao "real" ocorre durante o ato da observação. Se quisermos descrever o que ocorre em uni evento atômico, deveremos compreender que o termo "ocorre" pode somente ser aplicado à observação e não ao estado de coisas durante duas observações consecutivas. Aquele termo diz respeito à componente física do ato de observação mas não à psíquica e poderemos dizer que a transição do "possível" ao "real" toma lugar tão logo a interação do objeto com o instrumento de medida (e, portanto, com o resto do mundo) tenha se realizado; ele nada tem a ver com o ato de registrar um resultado por parte da mente do observador."[r'1]

Até aqui, a posição de Heisenberg e a minha própria parecem bastante próximas, a tal ponto de serem indistinguíveis. Não seria o "mundo das *potentiae"* de Heisenberg equivalente ao mundo microscópico, como tenho concebido? E seu reino das "coisas e dos fatos" ao que denomino mundo corpóreo? A primeira vista, parece que sim. Sob um exame mais minucioso, entretanto, uma

imensa diferença aparece. O ponto chave é o seguinte: na filosofia de Heisenberg não encontramos uma distinção nítida entre o universo físico da [28]

escala macroscópica e o mundo chamado propriamente de corpóreo. A distinção entre o mundo das *potentiae* e o mundo real deve, consequentemente, ser compreendido em termos de uma diferença de escala apenas (como se a passagem da potencialidade à atualidade pudesse vir a efeito simplesmente porque se juntou um número suficientemente grande de átomos). Considere, por exemplo, a seguinte afirmação: "A ontologia do materialismo repousava sobre a ilusão de que o tipo de existência, a "realidade" direta do Universo que nos cerca, pudesse ser extrapolada ao domínio atômico.' Essa extrapolação mostrou-se, todavia, impossível."[29]
Não podemos menos que concordar que "essa extrapolação é impossível", mas a questão é se a física alcança "a 'realidade' direta do Universo que nos cerca" - mesmo na escala macroscópica. Minha posição está inteiramente clara a esse respeito: sustento que a descida da atualidade à potência tem lugar já no nível macroscópico, ela já acontece no momento que passamos do objeto corpóreo X para o objeto sub-corpóreo SX associado. Ademais, o fato de SX poder ser descrito (até certo ponto) em termos da física clássica não altera a questão emem o fato de estes termos serem derivados de algum modo da experiência ordinária.

Meu ponto, portanto, é o seguinte: os objetos macroscópicos da física clássica são em cada detalhe tão "potenciais" como o são os átomos e as partículas subatômicas. Levo a sério a afirmação do físico atômico de que esses objetos macroscópicos sejam, de fato, constituídos por átomos. O fato, porém, de que SX seja redutívql a átomos não implica que X o seja, pois, sem dúvida, X e SÍ(não estão situados no mesmo plano

ontológico. E este justai\iente o ponto crucial e o repetimos aqui: SX existe como uma potência, ao passo que X existe como uma “coisa ou fato”.

Heisenberg, por outro lado, parece de fato identificar SX com X. Seguindo essa lógica, ele fala do “ato físico da observação” efetuado num sistema microscópico como um tipo de transição desde um micro para um macroestado, do tipo que ocorre num contador Geiger ou numa câmara de condensação. Ao contrário, na minha visão, esse processo não nos tira ainda do domínio potencial: o estado macroscópico de um contador Geiger, por exemplo, tomado como um sistema físico, ainda se encontra situado no plano físico. A passagem, por conseguinte, da potência ao ato é efetuada, não apenas pelo processo em questão, mas pelo fato de que o próprio contador Geiger é “mais” do que um sistema físico. Não é, na verdade, um processo físico - um “ato físico de observação” - que atualiza o microestado, mas a passagem de SX para X (se quisermos, do contador Geiger potencial para o atual).

Heisenberg, por sua vez, mantém (como vimos) que a transição do “possível” para o “real” é efetuado simplesmente pelo “ato de observação físico”. Todavia, ele se vê forçado a admitir que o ato físico não pode explicar o chamado colapso do vetor de estado pois ele precisa trazer à cena a “mente do observador”:

“A mudança descontínua na função de probabilidade tem lugar com o ato de registro, pois é essa mudança descontínua do nosso conhecimento, no instante do registro, que tem por imagem a mudança descontínua da função de probabilidade.”[30]

De minha parte, acho difícil entender como uma onda de probabilidades possa ter um conteúdo

“completamente objetivo” se ela depender de o resultado de um experimento ser mentalmente “registrado” ou não. Se a posição de um ponteiro, digamos, carrega um estado de coisas objetivo *depois* de ter sido ‘lido’, por que não *antesl* Parece que estamos de volta ao reino místico do gato de Schrodinger, no qual os vetores de estado colapsam pela abertura de uma portinhola. Ao contrário, enquanto não distinguirmos categoricamente entre um sistema físico — por mais macroscópico que seja— e um objeto corpóreo, de fato não haverá saída para esse dilema. Na verdade, é um teorema da mecânica quân-tica que sistemas físicos não causam o colapso do vetor de estado. Se supusermos, portanto, que existam sistemas físicos e atos psíquicos - e nada mais- segue-se então que o colapso em questão *tem que ser* causado por um ato psíquico.

É de se notar, contudo, que o próprio Heisenberg pareça não estar satisfeito com a dicotomia entre ‘sistemas físicos e atos psíquicos’. Vez por outra ele censura a “partição cartesiana”: uma “simplificação exagerada e perigosa”, como chama.[31] [32] Em certos momentos ele parece quase intuir o domínio corpóreo. “Afinal, nossas percepções”, escreve em uma dessas passagens não cartesianas,

“não são basicamente feixes de cores ou gamas sonoras; aquilo que percebemos já é apreendido como alguma coisa, a ênfase aqui sendo na palavra ‘coisa’ e é, portanto, duvidoso se iremos ganhar em entendimento ao considerarmos as percepções, ao invés das coisas, como os elementos básicos da realidade.”[r,H]

Em outras palavras, o que percebemos pode não ser somente “feixes de cores”, mas, “coisas”, objetos corpóreos, como tenho dito. Não obstante, Heisenberg parece não ter percebido que a alternativa cartesiana - ou seja, a visão bi-furcacionista acerca da percepção- não

apenas é de vantagem “duvidosa”, mas, na verdade, indefensável. Ele parece nem ter cogitado que um olhar não bifurcacionista para a percepção, levado até sua conclusão lógica, poderia livrar sua filosofia de sua premissa mais embaraçosa: a noção, a saber, de que o colapso do vetor de estado resulta do ato de um “registro”.

Assim sendo, a filosofia de Heisenberg e a minha não coincidem. Certamente existe um elemento de mistério em ambas: em uma é o enigma do colapso do vetor de estado — do gato de Schrõdinger, poderiamos dizer- e na outra é, acima de tudo, o milagre do domínio corpóreo - do mundo visível e tangível— e, por conseguinte, do Ato criador mesmo.

“

Capitulo IV

1

Isso não significa, entretanto, que um objeto físico específico não existisse antes de sua especificação. Não estou sugerindo, por exemplo, que o planeta Júpiter tenha de alguma maneira se materializado no momento em que foi observado pela primeira vez. O que estou dizendo é que se precisa, em primeiro lugar, especificar um objeto antes que se possa perguntar, entre outras coisas, se aquele objeto já existia, digamos, há mil anos. E no caso de Júpiter, certamente a resposta a essa pergunta é afirmativa. Existem outros tipos de objetos, como veremos, onde o mesmo não ocorre.

2

Alemão, nascido em 1922, emigra para os EUA aos 30 anos de idade. Laureado em 1989, ao lado de Wolfgang Paul, pelo desenvolvimento conjunto da técnica de captura de íons, *ion trap.* (N.T.)

3

Falando de modo estrito, não é somente o número, digamos, de átomos, o que importa a esse respeito, mas também a maneira pela qual cies estão

arranjados. No caso dos chamados arranjos aperiódicos, por exemplo, efeitos quânticos podem intervir mesmo para grupamentos macroscópicos.

4

ii razoável supor que essa ‘passagem para o limite clássico’ possa não ser legítima nem mesmo no caso dos organismos vivos mais simples. Como já se conjeturou, não é improvável que a indeterminação de tipo quântico seja vital nos fenômenos ligados à vida.

5

Tem-se ainda que levar em conta o determinismo clássico, com certeza, mas o problema é prontamente resolvido am vista de as leis clássicas, que nos possibilitam prever a evolução de um sistema físipo, serem increntemente probabilísticas e aplicáveis somente ao mundo macroscópiço.

6

() termo técnico *ensvmbk* estatístico - usado mesmo em textos em língua portu

guesa formaliza a noção ae um grande número de cópias de um sistema, todas piv paradas sob as mesmas condições macroscópicas, mas cujos detalhes microscópicos fogem ao controle do expeíimentador. (N.T.)

7

O termo “colapso” do vetor de estado ficou consagrado na cerminologia da física quântica, apesar de, num menor número de casos, aparecer o termo “redução” do vetor de estado (N.T).

8

Estamos supondo íjue a medição seja efetuada num experimento ‘do primeiro tipo’. Existem também experimentos ‘do segundo tipo’, os quais não deixam o sistema num auto-estado correspondente.

9

Deve-se mencionar que ílim vetor de estado pode ser multiplicado por um número complexo e que essa multiplicação por um fator não nulo de fato não altera o estado físico correspondente.

10

()s pesos ou coeficientes nesta soma ponderada serão em geral números complexos, sendo esse faro vital para a leoria c|uânlica. Se não livéssemos números com plexos à nossa disposição (números t|ue envolvam a raiz quadrada ‘imaginária’ de -1), seríamos incapazes de compreender o mundo microscópico.

11

A superposição de estados quânl icos pode ser compreendida pela analogia com a superposição de ondas sonoras. (ámsiderc um tom produzido por um insl rumcnlo musical: um violino, um oboé, um órgão, etc. C iada um desses tons possui sua carac turística seu próprio timbre, como é chamado- e é por isso que podemos reconhecer um instrumento por seu tom. Cada tom, contudo, pode ser representado por uma superposição tios tons chamados puros, ou seja, aqueles cujas ondas sonoras sejam uma função senoidal simples. Na verdade, o que um sinfelizatlor sonoro cria, ao reproduzir o som, por exemplo, de uma (lauta, é mesclar cerro número de tons puros nas proporções corretas. Outro exemplo cie superposição é o lato cie uma cor qual quer poder ser obtida como uma superposição das três cores primárias. Ou, ainda, a luz branca, quando atravessa um prisma, desmembra-se em luz de várias cores, num processo que pode inclusive ser revertido. Devemos notar, ademais, que em todos esses casos de superposição, estamos lidando inegavelmente com movimentos ondulatórios de um tipo ou de outro. Ora, tendo em conta que a superposição é fundamental para a mecânica quântica c que se apresenta como um fenômeno ondulatório, somos levados à suposição que os entes quânticos sejam de fato ondas, conclusão que foi, na verdade, levada a sério por muitos físicos, a começar por F.rwin Schrõdinger, um dos fundadores da teoria. O leitor deve lembrar que o termo ‘mecânica ondulatória’ tem sido usado frequentemente como sinônimo de teoria ejuântica. Deve-se compreender, não obstante, que, se esses entes forem de fato ‘ondas’, elas

12

sâo necessariamente cmdas ‘suMwnpíricas’, ondas que em princípio não podem ser observadas, pois, como sabemos, a teoria quântica insiste cm que uma coisa é o sistema físico e outra seus observáveis. Não está claro, portanto, que se ganhe alguma coisa ao se referir a sistemas quânticos como ‘ondas’. No final das contas, o princípio da superposição parece nos dizer tudo o que pode e tudo o que deve ser dito a respeito. Ide afirma, se quisermos, que as entidades quânticas podem ser superpôs tas ‘como se fossem ondas de algum tipo’. Acrescentemos, para leitores com algum conhecimento da matemática da teoria quântica, que o fator de fase *exp(-2mV'J/ h),* onipresente no nível dos vetores de estado, satisfaz de fato à

‘natureza ondulatória’ dos estados quânticos. Para todos os efeitos, podemos concluir dizendo que a teoria quântica já resolveu o dilema onda-partícula ao relegar os tlois conceitos mutuamente contraditórios a diferentes planos ontológicos: as ondas ao domínio físico, e as partículas ao domínio empíripó, ou seja, corpóreo. li isso, de qualquer modo, o que a distinção operada pela mecânica quântica entre o sistema e seus observáveis acaba efetuando *de jure,* mesmo que as pessoas, *de fido,* continuem a confundir-se a respeito ao confundir o domínio físico com o corpóreo.

38 No lugar de autovetores,i devem-se usar o que Dirac chama ‘eigenbras’ e, em lugar de somas finitas ou infinitas, necessitam-se integrais de tipo adequado.

13

V) Supondo que a soma dos quadrados dos valores absolutos de todos os pesos seja igual a 1, (uma condição a que sempre se pode chegar pela multiplicação do vetor de estado por um lator não nulo adequado) e que não hajam autovalores múltiplos, a probabilidade de que uma medição forneça a possibilidade correspondente a um au-to-vetor particular é dada pelo quadrado do valor absoluto do peso correspondente.

14

Quando tnc refiro ao vetor de estado como um ‘conjunto de possibilidades’, estou de fato identificando o vetor de estado com o estado físico correspondente. Para ser exato, na verdade é o sistema físico num dado estado (e não sua representação matemática!) que é ‘um conjunto ou síntese de possibilidades empiricamente realizáveis’.

15

Contrariamente ao emprego mais em voga na língua portuguesa, o sentido do termo *“actuaF* na língua inglesa é merios o de atualidade temporal e mais o de atualidade de fato, de efetividade, manifestação, vigência - em contraposição à possibilidade, ao que é potencial, ao que está/, portanto, em potência de ser atualizado. Segue mais de perto, assim, a terminologia aristotélica de ato e potência consagrada pela escolástica. (N.T.)

16

Retornaremos a essa questão nos capítulos q

17

The Principies ofQuantum Mechanics (Oxford: C)xford University Press, 1958), p.14.

18

De acordo com a rcoria quântica, a probabilidade de que uma medição faça um vetor de estado (normalizado)^colapsar para um determinado auto-vetor é igual ao quadrado do valor absoluto do coeficiente correspondente. Chega-se, então, às probabilidades de 0,36 e 0,64, correspondentes aos auto-vetores |>/[7]1) e |y/,) re sir ec tivamente.

19

Chegou-se a conceber que é o ato da observação, efetuado por um observador consciente, t|uc faz colapsar o vetor de estado de um sistema físico. Assim, no presente caso, o gato, pelo fato de ter sua existência de alguma forma atrelada ao que acontece com o átomo radioativo, estaria, entre duas observações (sempre por uma “consciência"), num estado concreto que emaranhasse as duas condições contraditórias de vivo e morto; tal emaranhamcnto (cuja fonte é o princípio de superposição) seria desfeito sempre - e somente então- que se efetuasse uma observação através de uma portinhola que permitisse acesso perceptivo ao ambiente onde estão o gato, o átomo e o contador Geiger. Claro: tais observações precisariam ser feitas por seres “conscientes”. Essa interpretação da mecânica quântica foi proposta por John von Neumann e mais tarde abraçada por Eugene Paul Wigner. (N.T.)

20

Hans Dehmelt, 14 *single atomic particle forever jioating at rest in free spi/ce*\ Physica Scripta, T22 (1988), p.102.

O valor mais recente (2006) c: 1 ,001 159 652 181 11(74). Ver: http://physics.nist.gov/ cgi-bin/cuu/Value? eqae|se«rch_'f«r=electron+magnetic+moment. (N.T.)

21

QED: *The Strange Theory o/Ughl and Matter* (Princcton, Princeton University Press, 1988), p.7.

22

C) valor teórico atualizado (2008) c: 1,001 159 652182.79(7.71). Ver: T. doyima, M. Hayakawa, T. Kinoshita, M. Nio: *P/jys. Rei'. D77.053012.* (N.T.)

23

Não obstante, ninguém parece estar satisfeito com esse ponto de vista. Como já notei antes, a ocupação principal dos físicos não é com jogos positivistas, mas conhecer as entidades transcendentes que se revelam por meio dos efeitos medidos. Eles são ‘realistas’ de coração. Ocorre apenas que eles freqücntemente são atraídos em direção a premissas nominalistas que conflitam com suas intuições realistas. Aqui também talvez possamos falar de uma ‘boa física’ sendo inconscientemente corrompida por ‘má filosofia’.

24

Física e Filosofia (Brasília: Ed. UnB, 1981, Trad. de Jorge Leal Ferreira), p.50. Em outro lugar, Heisenberg assim coloca: “Sc desejarmos comparar as descobertas da física de partículas contemporânea com uma filosofia anterior, somente pode ser com a de Platão, pois as partículas da física de hoje são, assim nos diz a teoria quântica, representações de grupos de simetria, e a esse respeito elas nos lembram os corpos simétricos da visão platônica.” *Fncoimters with FJnstein* (Princeton, Princeton University Press, 1989), p.83.

25

Ibid,p.ll3.

26

Ibid., p.15.

27

Ibid., p.24.

28

Ibid., p.25.

29

lbid., p.87.

30

Ibict, p.25.

31

Ibid., p.60.

32

Ibid., p.45.

MATÉRIA

SIGNATA QUANTITATE

Falamos acerca de muitos objetos físicos: de estrelas e galáxias, de campos eletromagnéticos e radiação, e até de moléculas, átomos e partículas fundamentais. Deveriamos estar cientes, entretanto, que cada tipo de objeto é concebido em relação com um procedimento observacional que lhe corresponde e que, por conseguinte, objetos físicos não são bem 'coisas em si mesmas'; são antes coisas em relação a modos específicos de investigação científica. Como apontou Heisenberg, a física lida, não simplesmente com a natureza, mas côm o que ele chama "nossas relações com a natureza".[69] Poderiamos colocar da seguinte forma: é o próprio experi-mentador quem "interroga" aquilo que Heisenberg denomina natureza,[1] [2] a realidade externa, por assim dizer; ele formula sua questão por meio do tipo e do arranjo de instrumentação empregada e, fatalmente, a indagação acaba induzindo a resposta, a réplica da natureza. A diversidade de objetos físicos - de "respostas" que a natureza fornece- é inspirada, assim, pela diversidade de perguntas que nós mesmos colocamos. Mas não há motivo para supor que essa diversidade de "perguntas" e "respostas" encontre um equivalente na realidade. Em contraste, portanto, com o que chamamos de universo físico, a natureza da qual estamos falando não deve ser concebida como um domínio ou arranjo composto de objetos físicos. Está claro que os objetos físicos existem realmente; o ponto, no entanto, é que esses objetos têm algo de relativo e devem ser encarados, não tanto como múltiplas entidades independentes, mas como manifestações variadas de uma única e indivisa realidade.

Devemos notar, sobretudo, que essa posição ontológica não é simplesmente uma questão de especulação filosófica, mas que é pratica mente tornada obrigatória pelas descobertas da física e, mais especialmente, pelos resultados da teoria quântica - contanto, é claro, que nos atenhamos a uma postura realista. Como apontou David Bohm: “somos levados a uma nova noção de totalidade indivisa, a qual nega a idéia clássica da analisabilidade do mundo em partes que existam separada e independentemente.”[3] Mas, obviamente, essa “totalidade indivisa” à qual alude Bohm equivale à natureza de Heisenberg: à realidade transcendente, podemos dizer, que se manifesta parcialmente na forma de objetos físicos. Estes, portanto, existem - não por “si próprios” - mas em virtude da realidade da qual eles constituem uma expressão parcial. E, ao passo que essas manifestações são “separadas” e múltiplas, a realidade mesma permanece “indivisa”.

À luz destas considerações, começa a nos parecer que o chamado universo físico - com o qual lidamos nos Capítulos 2 e 3- não se sustenta sozinho, mas aponta para além dele mesmo; para, por assim dizer, um nível mais profundo de realidade (ao qual estamos dando provisoriamente o nome de ‘natureza’). No curso de nossas reflexões, fomos levados a distinguir entre os planos físico e corpóreo e agora parece que um terceiro substrato ontológico surge à vista — o qual, a propósito, parece ser mais fundamental, mais básico que os dois planos anteriores. Qual é, então, a natureza deste terceiro domínio?

Temos falado da realidade profunda como uma “totalidade indivisa”, mas o quê, exatamente, significa isso? Como podemos começar a compreender um reino externo que não seja de fato constituído de “partes que existam separada e independentemente”? Para começar, cabe a nós

considerar se a realidade em questão ainda está sujeita à condição es-paço-temporal. Achamos difícil, sem dúvida, conceber uma natureza que não se manifestasse no espaço e no tempo; mesmo assim, não seria isso, precisamente, o que requer a noção de totalidade indivisa?

Examinemos a questão. À época de Newton, como sabemos, pensava-se que^espaço e tempo ‘existissem’ independentemente de entidades materiais. O espaço, em particular, era concebido como um tipo de receptáculo absoluto no qual pedaços de matéria iam sendo introduzidos de algum modo e, no qual, uma vez em posição, estes passariam a se movimentar livremente. Contudo, com o advento da relatividade de Einstein, o panorama mudou. De acordo com a relatividade geral, o continuum espaço-tempo carrega uma estrutura geométrica que tanto afeta como é afetada pela distribuição de matéria que se diz preenchê-lo. Espaço e tempo, portanto, se tornam inextricavelmente conectados às entidades materiais e aos eventos que constituem o universo físico; em suma, conteúdo e continente perderam seus status independentes e parece agora que espaço, tempo e matéria - longe de serem princípios independentes - constituem não mais que aspectos distinguíveis de uma única e mesma realidade. Sobretudo, a principal consequência é que a realidade como tal não pode ser constituída do espaço, do tempo, nem da matéria e que, tampouco, possa ser contida no espaço ou no tempo, pois é a realidade mesma, afinal, quem, em certo sentido, ‘contém’ o espaço-tempo - assim como podemos dizer que uma causa ‘contém’ seus efeitos.

Ora, a física vê-se totalmente incapaz de reconhecer seus próprios objetos como efeitos ou manifestações de uma realidade que, em princípio, estejam além de seu alcance ou, para colocar de outro modo: nada no plano

técnico compele o cientista a postular tal realidade. Em que pese esse distanciamento pode-se, não obstante, dizer que as descobertas genuínas da física apontam exatamente naquela direção.

Como expressou Henry Stapp: “tudo o que sabemos sobre a natureza está de acordo com a idéia de que o processo fundamental da natureza encontra-se fora do espaço-tempo ... mas que gera eventos possíveis de serem identificados no espaço-tempo.” [4] [5]

Quais seriam, então, algumas das descobertas que apontam para além do continuum do espaço-tempo? É suficiente apontar apenas uma, a mais impressionante de todas, acredito: o teorema do entrelaçamento de Bell. Os fó-tons A e B, digamos, estão viajando em direções opostas— à velocidade da luz! — e, não obstante, uma observação efetuada no fóton A parece afetar o fóton B instantaneamente. O que devemos concluir disso? Ora, de acordo com a ontologia - que se tornou obrigatória- das “partes que existem separada e independentemente”, nos vemos obrigados a postular

I

algum tipo de transmissão de influência de A para B que se dê a uma velocidade superior à da luz. Este postulado problemático, no entanto, torna-se supérfluo no instante em que reconhecemos os fótons A e B como manifestações de uma única realidade subjacente, pois, de fato, onde quer que haja unidade ou uma “totalidade indivisa”, não se vê necessidade para comunicações ou transmissões de efeitos através do espaço e do tempo. O ponto essencial do teorema de Bell, portanto, ou dos fenômenos EPR em geral,[6a] parece ser que as partículas irmãs envolvidas nos

fenômenos não sejam na verdade “partes que existam separada e independentemente”.

Podemos dizer que elas *estão* “separadas”, sem dúvida, por se apresentarem em diferentes regiões do espaço-tempo e, também, porque somos capazes de observar cada uma delas nessas circunstâncias. Mas, então, tudo parece estar apontando para o fato de que uma partícula não possa ser completamente conhecida por meios empíricos; e se for mesmo verdadeiro - como temos todo o direito de supor- que “por ora conhecemos apenas em parte”, então se torna prontamente concebível que uma partícula possa transcender sua localização manifesta e, dessa maneira, transcender igualmente sua identidade fenomênica. Numa palavra, é bem possível que a partícula seja algo além do que o olhar científico possa dar conta e, pelo mesmo motivo, mais do que se pode espremer para dentro do continuum quadridimen-sional, mais do que ele pode confinar. Devo deixar claro, no entanto, que o que está em jogo aqui não é a dimensionalida-de do espaço-tempo, mas o caráter absoluto ou relativo daquele confinamento. Meu argumento, por conseguinte, não é que a partícula ‘se projete para outra dimensão’, mas que, além de seu aspecto empírico, ela possui uma natureza que de modo algum está sujeita a esse ‘confinamento’.

Tudo conduz ao seguinte: a natureza, em que pese não ser em si mesma espaço-temporal, apresenta-se assim quando posta sob observação. No entanto, devemos entender essa afirmação num sentido realista e não num sentido kantiano. Não é que as condições espaço-temporais sejam impostas sobre a realidade numinosa [6] pelo observador humano, mas que as coisas e relações observadas por nós - ‘matéria, espaço e tempo’, se quisermos- manifestam ou atualizam certas potências pré-existentes, um potencial que pertence à natureza enquanto tal. Uma vez mais é o físico

quem ‘coloca a pergunta’, mas é a própria natureza quem dá a resposta. E essa resposta - sejamos claros a esse respeito- é indicativa não apenas da constituição humana ou do arranjo de nossos instrumentos, mas, antes de tudo e, principalmente, da realidade mesma. No final das contas, é a própria realidade quem se nos apresenta através das categorias do espaço e do tempo, ela mesma, no entanto, não estando sujeita a essas categorias. Para máxima clareza, reitero que as condições de espaço e tempo não são simplesmente impostas desde fora, *à la* Kant, mas estão potencialmente contidas na realidade enquanto tal - assim como pontos e retas estão potencialmente contidas no plano euclidiano.

O que é, então, um objeto físico? Nada mais, nada menos, somos levados a admitir, que uma manifestação particular da realidade total. *Qua* objeto físico, sem dúvida, ele existe no espaço e no tempo e exibe certa identidade fenomê-nica; porém, em si mesmo, ele transcende esses limites e essa identidade aparente. A noção da multiplicidade de particulares aplica-se, assim, ‘próxima à superfície’, em resposta a ‘perguntas’ diferentes que colocamos, enquanto a ‘totalidade indivisa’ reina nas profundidades insondáveis.

Sempre é possível, claro, aferrar-se à crença difundida de que a realidade coincide com o continuum espaço-tempo-ral e seu conteúdo múltiplo, mas parece que essa redução costumeira do real ao manifestado está se tornando cada vez mais forçada e precária em face do desenvolvimento científico atual. A física hoje vai contra essa *Weltanschauung* restritiva; “Tudo o que sabemos sobre a natureza”, diz Stapp, “está de acordo com a idéia de que seu processo fundamental encontra-se fora do espaço-tempo...”. Acrescentemos que nenhum resultado particular é mais sugestivo desta nova idéia do que o teorema do entrelaçamento de Bell. De fato, podemos dizer que o

teorema de Bell é o mais próximo que a física possa chegar do reconhecimento formal desta revisão on-tológica que tenho tentado delinear: a saber, a de que não há somente um continuum espaço-temporal a conter várias entidades, mas também, num nível mais fundamental, uma potência ainda indiferenciada, a qual não está presente nem no espaço nem no tempo e sobre a qual nada de específico pode ser afirmado. 'A realidade é não local', talvez isso seja o máximo que possamos afirmar.

Muito embora na natureza não haja nada - nenhuma 'coisa', melhor dizendo- que possamos conhecer, permanece o fato de que podemos e, de fato, conseguimos conhecê-la por meio do universo espaço-temporal. Essa, afinal, é a razão de ser da física: o físico quer conhecer a 'estrutura da natureza'; ocorre apenas que ele é obrigado a vislumbrar aquela 'estrutura' indiretamente, ou seja, por meio de suas manifestações físicas.

Porém, devemos notar que até mesmo as estruturas geométricas mais familiares somente podem ser conhecidás por meios indiretos. Como, por exemplo, podemos descrever ou axiomatizar a estrutura do espaço euclidiano? Como bem sabe todo matemático, isso pode ser conseguido de diversas maneiras: à *la* Euclides, em termos das propriedades de certas figuras construídas a partir de pontos, retas e círculos; ou *à la* Felix Klein, em termos de invariantes de um grupo contínuo de transformações. No entanto, a circunstância mesma de que essas diversas caracterizações sejam notavelmente distintas já testemunham o fato de que estamos a abordar a estrutura do plano euclidiano por meio de um construto auxiliar, uma estrutura secundária de algum tipo, a qual é presumivelmente mais concreta e acessível. A estrutura primária vê-se revelada a partir da secundária, podemos dizer. Na abordagem clássica, por exemplo, damos atenção

às figuras construídas, mas não diretamente ao plano euclidiano, pois, na verdade, no plano em si não há o que ser visto.

Substituamos então o plano euclidiano pela natureza e as figuras da geometria clássica pelos sistemas físicos, e assim podemos ter uma intuição sobre o quê versa a física.
Por meio da analogia geométrica, nos tornamos capazes de compreender como a estrutura da natureza - em que pese estar oculta - pode se manifestar nas leis fundamentais da física, nas leis, a saber, que se aplicam sempre e em todo lugar aos sistemas físicos aos quais elas se referem. As equações de Maxwell são um exemplo esplêndido por se aplicarem a todos os campos eletromagnéticos, a exemplo do teorema de Pitágoras, digamos, que se aplica a todos os triângulos retângulos. A maior diferença, contudo, entre a geometria euclidiana e a física atual, é que esta última ainda não dispõe de um conjunto simples e completo de princípios que cubram todo o terreno. É como se o físico dispusesse de um conjunto de leis para os ‘triângulos’ e outro para os ‘círculos’, mas carecesse ainda de uma lei que se aplicasse a ambos e que pudesse ser aplicada, em princípio ao menos, a todas as outras figuras que se possam construir. Podemos dizer que a física, no presente estado, versa sobre ‘teoremas’, mas que ainda não descobriu um conjunto simples de axiomas a partir do qual todo o resto possa, em princípio, ser derivado. Este é, obviamente, o objetivo último da busca dos físicos: eles procuram por uma lei única, que seja simples (na forma de algum tipo de teoria quântica de campos unificante, talvez) e que descreva corretamente todos os sistemas físicos concebíveis. Pode até parecer que estejamos próximos de atingir a realização desse ideal. Tal feito, de qualquer maneira, realizaria para a física o que a axiomatização do plano euclidiano realizou para a geometria clássica: dar-nos-ia uma representação, digamos, fiel, da estrutura primária.

Pode-se levantar a objeção de que as leis da física tenham a ver, como disse Heisenberg, com “as nossas relações com a natureza”, mas não com a natureza em si. A questão, em todo caso, é que elas têm a ver com ambas, da mesma maneira que o teorema de Pitágoras, por exemplo, tem a ver não apenas com certa classe de figuras construídas, mas também com a estrutura do plano euclidiano. Por que um fato deveria excluir o outro? Conscientemente Eddington proclamou que as leis fundamentais da física — incluindo até as constantes adimensionais da natureza - podem ser deduzidas *a priori* do *modus operandi* pelo qual as leis em questão são postas em teste. A partir do exame da rede do pescador, diz Eddington, podemos sacar conclusões a respeito da natureza do peixe a ser pego nesta rede; ele deve ser maior, por exemplo, do que certo tamanho, etc. Porém, por mais fascinante que seja esta filosofia da física, ninguém jamais logrou êxito nesta empresa kantiana e poucos físicos atualmente (se é que há algum), seguiriam Eddington em suas propostas radicalmente subjetivistas. A conclusão parece ser que as leis da física nos falam, não apenas a respeito de “nossas relações com a natureza”, mas também fundamentalmente da natureza em si.

Tal natureza, no entanto, é ela mesma demasiado oculta e, de fato, metafísica. Ora, sem dúvida não é fácil conceber realidades metafísicas e é certamente impossível retratar ou imaginar coisas desta classe. Porém, como os físicos bem sabem, na verdade somos capazes de conceber coisas inimagináveis e, de fato, o fazemos com máxima clareza e exatidão. Portanto, não é verdade de maneira alguma que o conhecimento humano esteja restrito à ordem sensível, como certos céticos têm proclamado. Se é possível conceber a ordem física (a qual, como vimos, extrapola o domínio sensível), então por que não também a ordem metafísica, a ordem de coisas que transcendem os limites

do espaço e do tempo? Assim, a despeito dos enganos dos filósofos ocidentais, a começar por Locke, Hume e Kant, parece que a metafísica, entendida deste modo, não é, afinal de contas, um empreendimento vão ou infactível.

Como sempre, entretanto, necessitamos do suporte de imagens sensíveis, de uma metáfora apropriada (<*metaphe-rein,* 'transferir'), de um paradigma corporal.

Qual seria, então, uma metáfora apropriada para o conceito de natureza ao qual chegamos? Qual seria, de fato, o paradigma que se tem mantido à espreita no fundo de nossas mentes durante todo esse tempo? Não é nenhum outro que o modelo hilomórfico ou escultural, sobre o qual, num certo sentido, se ergue a metafísica de Aristóteles. Esse modelo pode ou não estar patente, mas merece, em todo caso, que o expliquemos com o devido cuidado.

Pense num pedaço de madeira *(hylé* em grego) ou de mármore, recebendo a forma (*morphe*) de Apoio ou Sócrates. O ente concreto - a estátua — está, portanto, composta, num certo sentido, por dois fatores: *hylé* mais *morphe.* Fica patente, no entanto, que *morphe* não possui uma existência concreta própria, à parte daquela da madeira ou do mármore na qual foi talhada. Mas, o que dizer da *hylé?* Se tomarmos o termo no sentido literal, ela certamente possui uma existência devido ao fato de que o pedaço de madeira original tem uma *morphe* própria. Por outro lado, *hylé,* no sentido que lhe dá Aristóteles, é simplesmente o recipiente da *morphe* e nada mais. A *hylé* aristotélica é, por conseguinte, concebida como um substrato puro que se encontra abaixo, figu-rativamente falando, do nível da existência concreta. Ela constitui, literalmente, um não ente; não obstante, assim como o zero matemático, este 'nada', por estranho que pareça, desempenha um papel crucial, em virtude do qual,

para começar, podemos entender a *hylé* aristotélica. Qual então é o papel desta *hylé?* Receber a *morphe,* receber conteúdo -receber o ser, na verdade — isto ela só pode fazer precisamente porque, em si mesma, ela é amorfa, vazia e, de fato, não existente.

A *morphe,* por sua vez, não possui tampouco existência concreta, como já dissemos; ela existe em conjunção com a *hylé* - assim como a forma de Apoio existe em conjunção com o mármore que lhe dá suporte. A *morphe,* entretanto, não é simplesmente á "forma, o contorno ou a figura" num sentido mais ou menos visual — não se deve levar muito longe a metáfora da escultura. O ponto é que a *morphe* de um ente existente é precisamente seu aspecto cognoscível, ou seja, uma coisa é inteligível em virtude de sua *morphe,* mas existente por conta da *hylé.* Não digo 'sua' *hylé* porque esta, de modo estrito, não pertence à coisa, não mais do que se poderia dizer que o oceano pertence a uma onda em particular. A *morphe,* por outro lado, pertence de fato à coisa, pois a *morphe* de um ente é verdadeiramente sua essência (<*esse,* "verbo ser").(ir' Ela é o que conhecemos e podemos conhecer; e, logo, ela é o 'quê' ou a quididade da coisa. Deve-se ter em mente, no entanto, que o ente existente não coincide simplesmente com sua quididade: ele possui também seu aspecto hílico, o qual por natureza mantém-se ininteligível — um fato de importância capital.

Devemos notar que, com o renascimento da filosofia Aristotélica durante a Escolástica, o termo grego *morphe* foi naturalmente substituído pelo termo latino *forma,* e *hylé* tornou-se *matéria.* Passando por uma certa evolução, a *matéria* escolástica tornou-se finalmente a *"matéria"* da física de Newton - o sentido exato da qual, porém, está longe de ser claro. Falando ontologicamente, este remanescente da era newtoniana constitui, por

coincidência, um híbrido de *matéria* e *forma* no sentido autêntico. Diferentemente da “massa” - com a qual ela é usualmente confundida - ela não tem lugar na economia do pensamento científico. [7]

0 mais próximo da *matéria* autêntica que a *“matéria”* newtoniana jamais chegaria foi, sem dúvida, o malfadado éter, cuja função viria ser a de um suporte para o campo eletromagnético. A despeito de sua perfeita homogeneidade, de uma intangibilidade extrema e de outras características “etéreas”, aquele éter ainda era concebido como uma “substância” no sentido moderno. A *matéria* autêntica, por outro lado, é algo bastante distinto. Primeiro que tudo devemos entender que a *matéria* não ocupa lugar no espaço - isso é evidente, pois, o espaço tem a ver com relações geométricas entre entes já existentes. Ontologicamente falando, portanto, o espaço é posterior à *matéria, o* mesmo se aplicando ao tempo. Mesmo assim, podemos dizer que o espaço, tomado como um receptáculo vazio ou como um continente universal, constitui um tipo de símbolo natural ou uma imagem cósmica do substrato material. A *matéria* autêntica, assim, longe de estar caracterizada pela extensão como a *“matéria”* newtoniana está, ao contrário, alinhada ao continente, ao puro receptáculo.

Seria bom tecer alguns comentários, neste ponto, a respeito da filosofia conhecida como materialismo - que já teve seus dias - a qual pretende explicar todas as coisas em termos da “matéria” newtoniana apenas. Ora, em primeiro lugar, é óbvio do que se disse acima que a existência corpó-rea demanda necessariamente *dois* princípios. Se, no entanto, procuramos mesmo assim reduzir as coisas corpóreas a um princípio apenas, a “matéria” newtoniana acaba sendo a pior escolha. Pois, à parte a vagueza inerente desta noção e sua inutilidade num

plano rigorosamente científico, o conceito encontra-se ainda predominantemente do lado da *matéria.* Ela representa a existência desnudada, digamos, da maior parte de seu conteúdo formal, constituindo, assim, uma espécie de matéria aproximada ou quase-substância. Portanto, o materialista está olhando para a *matéria* em sua busca por um princípio único em termos do qual tudo possa ser compreendido, uma escolha infeliz, visto que a *matéria* é não apenas cem por cento ininteligível por sua própria natureza, mas ainda porque é ela mesma quem empresta a todas as outras coisas suas respectivas parcelas de ininteligibilidade. A guinada, portanto, que a física sofreu, de uma interpretação materialista para uma estruturalista - que veio a reboque da relatividade de Einstein - representa, sem dúvida, um giro na direção correta: da *matéria* para o aspecto inteligível da realidade.

O fato, no entanto, de as coisas serem inteligíveis em virtude de seus aspectos formais, não implica que elas possam ser adequadamente concebidas pura e simplesmente como formas ou como estruturas no sentido usado pelos físicos. Assim, se o materialismo acaba sendo inviável, o mesmo ocorre, no fim das contas, com o estruturalismo, pois, de fato, não pode haver nenhuma ontologia viável — é o que estou sustentando - sem que se invoque, de um modo ou de outro, o paradigma hilomórfico. A idéia de existência corporal exige dois princípios complementares, os quais não fazem outra coisa que responder às concepções irmãs de *matéria* e *forma.* Isso explica porque noções correspondentes são encontradas nas mais importantes ontologias, da China e da índia à Grécia e à antiga Palestina. [8]

*

Para percebermos a necessidade da concepção hilo-mórfica não precisamos mais que refletir acerca do enigma epistemológico, do problema do conhecimento. Estivemos sustentando que o domínio corpóreo é cognoscível por meio da percepção sensorial e o domínio físico por meio do *modus operandi* da observação científica; mas, o que significa 'saber'? Tenho indicado que o processo do conhecer culmina num ato intelectivo, mas qual a natureza deste ato? Em quê ele consiste?

Como Aristóteles há muito apontava, o ato do conhecer consiste numa certa união do intelecto com seu objeto. Mas como pode o intelecto unir-se à coisa exterior? Tal união, certamente, só pode ser concebida em termos de uma terceira entidade ou elemento comum, o qual ambos, objeto e sujeito, possuem cada um no modo que lhe é próprio; e deve ser esse *tertium quid,* precisamente, o que torna o objeto cognoscível.

Mas, somente em parte! Porque, afinal, não é o objeto externo - nu e cru - que 'passa para dentro do sujeito', mas somente o que denominei *tertium quid.* Este terceiro fator responde à questão 'O quê?': é aquilo que conhecemos. E, não obstante, ele não coincide exatamente com o objeto enquanto tal, pois, como dissemos, o último é, forçosamente, 'mais' do que o *tertium quid.*

Ora, o *tertium quid,* sem dúvida, não é outro que a *morphe* de Aristóteles, a *forma* ou quididade do ente existente. Porém, visto que a coisa não coincide com sua *morphe,* precisamos postular um segundo princípio - um X, se quisermos — que distingue os dois ou que, por assim dizer, efetua a distinção. Esse X (o qual é, necessariamente, incog-noscível e não possui quididade) evidentemente equivale à *matéria.* Chegamos, assim, por meio de

considerações epis-temológicas bastante singelas, às concepções básicas do paradigma hilomórfico.

É útil mencionar que a *morphe* ou *tertium quid* precisa igualmente ser tornada existente subjetivamente, ou seja, no plano mental. Ela precisa como que ser vestida na mente através de imagens e ser, por assim dizer, 'corporifi-cada'. O processo do conhecer humano é complexo, como tivemos ocasião de salientar, mas, não obstante, ele é consumado num único ato intelectivo que é perfeitamente simples e

por essa mesma razão foge à análise. É aqui - neste ato enigmático - que tem lugar a união cognitiva, que sujeito e objeto se unificam.

*

Mencionei no início deste interlúdio ontológico que a idéia de natureza à qual tínhamos chegado anteriormente relaciona-se com o paradigma hilomórfico. Obviamente gostaríamos de conceber a natureza como a *matéria*; porém, sendo esta dotada, como vimos, de uma forma que lhe é própria, ela não é a *matéria* no sentido absoluto, não é a *matéria prima* de que falavam os Escolásticos. No entanto, ela evidentemente constitui uma *matéria secunda* em relação ao mundo espaço-temporal precisamente do mesmo modo que o plano euclidiano pode ser designado uma *matéria secunda* com relação ao universo das figuras geométricas traçadas sobre ele. Como *matéria,* portanto, ela encontra-se 'abaixo' do domínio espaço-temporal num sentido ontológico, como portadora ou receptáculo de seu conteúdo formal. Ainda assim ela possui uma forma, a qual passa adiante para o universo como um todo à maneira de uma lei ou princípio universal de ordem, como um mínimo denominador comum, digamos, do somatório total das formas manifestadas. A natureza,

assim, aparece como sendo a *matéria signata quantitate* (uma *matéria* 'marcada pela quantidade'), se nos permitem adotar esse magnífico termo tomista. [67]

Finalmente, devemos notar que o paradigma geométrico euclidiano (em termos do qual procurei explicar a análise da física) é de fato equivalente ao hilomórfico. Ele constitui verdadeiramente a forma ou versão do paradigma hilomórfico que mais diretamente se relaciona ao *modus operandi* da física. E, como tal, torna-se indispensável. [68]

*

Seria interessante refletir, à luz dessas considerações, a respeito da aplicação ao domínio corpóreo da famosa distinção entre 'quantidade' e 'qualidade'. Qual é o significado ontológico (se é que há algum) desta suposta complementaridade? Em primeiro lugar, devemos notar que, por pertencerem ao nível corpóreo, as quantidades em questão devem de algum modo ser perceptíveis. Para ser mais exato: deve ser possível observá-las ou determiná-las sem o uso de ins-

67 De forma alguma estou afirmando que o significado por mim atribuído a este termo coincide com sua conotação tomista original. Certamente o Doutor Angélico não estava pensando em teoria quântica de campos! Ainda mais, parece que a noção de estrutura matemática seja inerentemente platônica e um pouco estranha à mente escolástica. De qualquer forma, o sentido tomista do termo pode ser encontrado em *De ente et essentia,* cap.2.

68 Deve-se recordar a célebre advertência supostamente apensa sobre o portal da Academia platônica: "Que ninguém ignorante em geometria entre aqui." Iívidentemente não é acidental que a geometria tenha ocupado um lugar de honra central nas tradições pitagórica e platônica. Podemos supor que nesta forma antiga ou na euclidiana, esta ciência tenha, de fato, constituído uma das mais importantes chaves para uma 'cosmologia' genuína. O significado da inscrição de Platão, parece, é que ninguém ignorante em geometria é *capa*| de 'entrar aqui'.

trumentos de laboratório. Ora, ocorre que há dois modos da quantidade: ‘número’, no sentido da cardinalidade, e ‘extensão’. O primeiro é certamente apurado por meio de uma contagem ou, no caso de amostras suficientemente pequenas, por meio de simples inspeção direta. A extensão, por outro lado, tem a ver com ‘grande’ e ‘pequeno’, ‘retilíneo’ ou ‘curvi-líneo’ e com toda uma gama de outros atributos geométricos pertencentes ao âmbito da percepção humana. As duas classes de quantidade estão intimamente ligadas e esta é a razão pela qual uma única e mesma ciência - a matemática — é capaz de lidar eficientemente com ambas.

As qualidades, por sua vez, poderiam ser caracterizadas precisamente pelo fato de não se dobrarem à descrição matemática e, certamente, este é o motivo principal que levou Galileu e Descartes a banirem do mundo exterior esses atributos chamados ‘secundários’: as qualidades tinham que ser dispensadas por não se encaixarem num universo mecânico, num universo que pudesse ser entendido exclusivamente em termos matemáticos. No entanto, como já demonstramos à exaustão, as qualidades existem apesar de tudo; a vermelhidão da maçã, por exemplo, existe e pertence ao objeto exterior tanto quanto sua forma no espaço. Tudo se resume no seguinte: uma coisa desprovida de qualidades é *ipso facto* imperceptível, pois, na verdade, as coisas somente são percebidas em virtude das qualidades que possuem - assim como países num mapa, por exemplo, somente se tornam visíveis por meio de suas cores respectivas e não por

causa de suas fronteiras, para usarmos o termo exato, geométricas. Descobrimos afinal que o mundo corpóreo comporta a ambas: ‘quantidade’ e ‘qualidade’ - como, aliás, a maioria das pessoas sempre pensou.

Ao passo que as qualidades aparecem em todo lugar no plano corpóreo, nem uma única delas será encontrada no plano físico já que, como vimos, este último consiste de coisas que podem ser exaustivamente descritas em termos matemáticos. Ele consiste de estruturas matemáticas ou, como às vezes tenho me referido, de ‘formas matemáticas atualizadas’, ‘tornadas existentes’. No entanto, nunca devemos nos esquecer que os objetos físicos são, em última instância, nada mais nada menos que certas ‘potências’ em relação ao mundo corpóreo. Dessa maneira, não é de forma alguma desprovido de razão conjeturar que a existência propriamente ‘começa’ no plano corpóreo. Poder-se-ia obviamente objetar que isso é mera questão de semântica e que o epíteto ‘existência’ poderia ser atribuído ao nível físico com igual razão; mas aí, por esse mesmo motivo, estamos também no direito de adotar o ponto de vista anterior, e é o que proponho: ater-nos à idéia de que ‘por debaixo’ do plano corpóreo encontramos *potenliae* de vários tipos e nada mais.

Assim, os planos sub-existenciais - a saber, o plano físico e a *matéria secunda* infrafísica - são constituídos, como já fizemos notar, de formas matemáticas. Abaixo do nível da existência só o que resta é a quantidade. Ao chegarmos ao plano corpóreo, por outro lado, emergem as qualidades, atributos que não podem ser compreendidos nem explicados em termos quantitativos. É verdade que os objetos corpóreos também comportam atributos quantitativos. Eles carregam, de fato, certa estrutura matemática derivada do objeto físico associado que pode ser plenamente compreendida em termos físicos.[9] Este é o motivo primeiro pelo qual é viável a ciência física e porque os físicos têm a tentação de exorcizar as qualidades e identificar o domínio corpóreo com o físico. Deixe de fora as qualidades e só o que resta é um único domínio ontológico, constituído de estrutura matemática.

Mas, como sabemos, as qualidades se recusam a ser exorcizadas. O fato, ademais, de que as qualidades permeiem o domínio corpóreo sem, no entanto, poderem ser encontradas em quaisquer dos planos sub-existenciais, somente pode significar uma coisa: as qualidades exprimem a essência (<*esse*, Verbo ser'); a essência, a saber, da entidade corpórea. E essa essência, entendamos de maneira clara, não é a estrutura matemática: o fato de os objetos corpóreos admitirem atributos qualitativos basta para excluirmos essa possibilidade.

O domínio corpóreo vê-se constituído, assim, de essências 'não matemáticas', por mais chocante que isso soe em nossos dias.[10]

Tendo discernido que as qualidades são indicativas de essências, precisamos nos perguntar qual é, em cada caso, o significado das quantidades e, em geral, das formas matemáticas. Porém, a resposta já é conhecida de longa data; como costumavam dizer os Escolásticos: *Numerus stat ex parte materiae.*[11] A quantidade e a estrutura matemática, em outras palavras, referem-se à *matéria* ou, de modo mais exato, ao aspecto material das coisas. O objeto concreto é constituído, como vimos, de matéria e forma e essa polaridade ontológica se vê refletida no plano da manifestação. O objeto existente serve de testemunho dos princípios pelos quais ele é constituído, de seus princípios paternos e maternos, por assim dizer. Essa é a razão, afinal, pela qual exis- [11] [12]

tem ambas, qualidades e quantidades, no domínio corpóreo: uma indicando a essência, a outra indicando o substrato *material.*

*

A luz dessas considerações, somos enfim capazes de dar-nos conta da gravidade do desvio cartesiano, pois parece que, ao rejeitar as qualidades, chamadas atributos 'secundários', Galileu e Descartes descartaram o que na verdade é primordial: a própria essência das coisas

corpóreas.[13]

Ora, certamente a física trata dos aspectos quantitativos da manifestação cósmica, o que é obviamente legítimo e até certo ponto instrutivo. Mas não devemos esperar muito. Em que pese sua celebrada acuidade, existem limites ao que a física é capaz de compreender e explicar e, no fim, essas limitações são muito mais restritivas do que se supõem co-mumente. Como observa o metafísico francês, René Guénon:

Podemos dizer que a quantidade, ao constituir propriamente o aspecto substancial do nosso mundo seja, por assim dizer, sua condição 'básica' ou fundamental; mas precisamos evitar atribuir-lhe por isso uma importância de outra

ordem da que tem realmente e, sobretudo, de querer tirar dela a explicação deste mundo, do mesmo modo que precisamos evitar confundir as fundações de um edifício com sua estrutura: enquanto há somente a fundação, não há ainda edifício algum, apesar dela ser indispensável ao edifício; do mesmo modo, enquanto há somente a quantidade, ainda não há manifestação sensível, apesar de esta ter sua raiz na quantidade. A quantidade, considerada em si mesma, não é mais que uma "suposição" necessária, mas não explica nada; ela é efetivamente uma base, mas nada mais e não devemos esquecer que a base, por sua definição mesma, é aquilo situado no nível mais inferior...[14]

Ora, pode-se admitir que a expressão “não explica nada” seja excessiva, mas serve assim mesmo como um contrapeso a outras alegações não menos exorbitantes, postas em circulação por aqueles que tenderiam a “extrair a explanação deste mundo” a partir dos dados da física.

Falando de modo estrito, a única coisa a respeito de um objeto corpóreo que se pode compreender nos termos da

física são seus atributos quantitativos, o que é possível somente em virtude desses atributos serem, por assim dizer, herdados do objeto físico associado. Para além disso a física nada tem a dizer. Ela possui “olhos” somente para o que seja físico: SX é tudo o que ela pode perceber, tudo o que aparece em seus quadros. E esse é, sem dúvida, o motivo pelo qual os físicos foram capazes de se convencerem (e ao resto do mundo instruído!) de que o objeto corpóreo não existe como tal; ou para colocar de outra maneira, convencer-nos que X é ‘nada mais’ que SX. E a razão pela qual se pensa que entidades corpóreas sejam ‘constituídas’ por átomos e partículas subatômicas e porque as qualidades são tomadas como ‘meramente subjetivas’.

Finalmente, devemos observar que esta tentativa de redução do corpóreo ao físico tem o efeito de tornar este último incompreensível em termos ontológicos. E claro que podemos ainda fazer cálculos e predições quantitativas, mas isso é tudo. Ainda podemos responder a pergunta “quanto?” com precisão admirável, mas qualquer tentativa de responder a questão “o quê?” leva fotçosamente a contradição e ab-surdidade. Esta *Weltanschauung* (a qual não chega a ser verdadeiramente uma *Weltanschauung*) não admite uma ontologia. Aliás, não é justamente essa a conclusão do debate acerca da ‘realidade quântica’? Sobretudo, chega a ser impossível fazer até mesmo uma

descrição segura da metodologia científica dentro do quadro reducionista, pois na ausência das qualidades não podem haver percepções e, por

conseguinte, tampouco medições. Em estrito senso, desse modo não se compreende nem o corpóreo nem o físico, nem tampouco se tem uma concepção clara do objeto da física. Chega a ser então uma surpresa que os físicos tenham chegado a, nas palavras do físico Nick Herbert, “perder contato com a realidade”? [15]

Capítulo V

1

Das Naturbild der beutigen P/jysik (I lamburg: Rowohlt, 1955), p.21.

2

Um tetmo que, como mostraremos, acaba sendo um tanto enganoso.

3

D. Bohm and B. Hiley, *“On the Intuitive Understanding of Nonlocality as Implied by Quantum Theory*”, Foundations of Physics, Vol.5 (1975), p.96.

4

*“Are Superliiminal Connecíwm Necessary*Nuovo Cimento, Vol. 40B (1977), p.191.

5

Em 1935, Einstein, Podojsfei e Rosen propõem um experimento pensado no qual pela primeira vez se lançaria contra a então jovem teoria quântica o argumento de ser incompleta por contradizer o princípio da localidade. Entretanto, ver nota 2 do próximo capítulo, c, ainda, para uma visão mais completa de Wolfgang Smith a respeito, *“Bell’s Theorem and íhe PeremialOntology”,* em *The Wisdom ojAncient Cosmology: Contemporary Science in Tight of Tradition* (Oakton, VA: Foundation for Traditional Studies, 2003) (N.T.)

6

“Númeno: este termo foi introdpzido por Kant para indicar o objeto do conhecimento intelectual puro, que é a cdísa em si (...)”, cf. Nicola Abbagnano, Dicionário de Filosofia (São Paulo, Martins Fontes, 1998), p.732. (N.T.)

7

A distinção tomista entre essência c forma não desempenha nenhum papel em nossas considerações e pode, portanto, ser posta de lado.

8

Isso fica muito mais evidente no caso da China, da índia e da Grécia do que no caso da ‘antiga Palestina’. Mesmo assim, não se pode negar que a concepção hilomórfica seja também uma concepção bíblica. Mestre Eckhart, para citar um exemplo, lembra-nos do seguinte: “Precisamos entender acima de tudo que matéria e forma não são dois tipos de entidades existentes, mas dois princípios dos seres criados. Este é o significado das palavras: ‘No início Deus criou céus e terra’ — a saber, forma e matéria, dois princípios das coisas.” Vide *Liberparabolarum Genesis*, 1.28. O leitor interessado pode encontrar este texto na magnífica edição de Ivohlhammer das obras de Mestre Eckhart, a qual traz o texto latino junto com a tradução alemã. Vide *Meister Rckhart: Die lateinischc Werke,* Vol.l (Stuttgart: Ivohlhammer, 193[7]-65).

9

Podemos de fato dizer que existe um isomorfismo entre as quantidades corpó-reas e as sub-corpóreas, levado a cabo por meio da presentificação.

10

Umas poucas palavras a respeito das ciências antigas, consideradas nos dias de hoje como “superstições primitivas”. Onde geralmente se falha é ao perceber que as ciências tradicionais genuínas versam acima de tudo a respeito das ‘essências’, exata-

11

mcnlc aquilo que temos sistematicamente excluído de nossa *Weltamcbaimng* moderna. Um exemplo crasso, sem dúvida, são os chamados cinco elemenlos das cosmologias antigas, os quais os intérpretes modernos se apressam a identificar com ‘terra’, ‘água’ e os outros cm sentido literal. É muito provável

que esses elementos não sejam de fato substâncias no sentido moderno, mas sim ‘essências’, das quais terra, água e o resto constituam, digamos, exemplificações. Não é por acaso que um desses elementos era conhecido nos tempos medievais como a *quinta essentia* ou ‘quinta essência’. () que vem ainda mais ao caso, no entanto, é que a doutrina hindu associa os chamados cinco *biruta*s e seus correlativos sutis *(tanmatras)* às cinco qualidades sensíveis; ou seja, um objeto corpórco é audível em virtude de *akasa*, visível em virtude de *tejas,* palpável por *vayu,* perceptível ao paladar por meio de *ap* e ao olfato por *priíbwi.* lim suma, os chamados cinco elementos são o que tornam as coisas perceptíveis segundo os cinco modos sensoruus; acrescentemos que, uma vez compreendido que as coisas não são perceptíveis simplesmente por causa de sua suposta ‘constituição atômica’, fica claro que devem de fato existir ‘elementos’ deste tipo.

12

Iisse dito parece ter sido interpretado do seguinte modo: os números se originam por meio de excmplificação, de acordo com o fato de que há muitos cavalos, por exemplo, mas apenas uma única forma inteligível, a saber, a forma, idéia, ou ‘espécie’ de cavalo. C) exemplar único, em outras palavras, vem a ser, em certo sentido, replicado ou multiplicado por meio do substrato *material*, ao passo que a forma enquanto tal permanece única e indivisível, assim como cada indivíduo (*<in-dividuus*) ou membro da espécie. Parece assim que o ‘número’ provém de fato, não da forma enquanto tal, mas sim *ex parte materiae.*

13

Colocando em termos escolásticos, eles descartaram nada menos que as formas substanciais. Porém, na ausência destas o mundo corpóreo deixa de existir.

14

The Reigti ofQuaniily (Ilillsdale: Sophia Percnnis, 2004), ppl9-20. A passagem citada vem complementada da seguinte maneira: assim, a redução da qualidade

à quantidade no fundo não c outra coisa que a ‘redução do superior ao inferior’ pela qual alguns mui justificadamente querem caracterizar o materialismo: pretender fazer sair o ‘mais’ do ‘menos’; eis aqui, com efeito, uma das mais típicas de todas as aberrações modernas!” (N.T.)

15

Leitores do I Crie Voegelin devem se lembrar de sua lúgubre tese que, devido à dominação tias ‘realidades segundas’ nos tempos modernos, “o terreno comum da existência na realidade desapareceu” e que, como resultado, “o universo do discurso racional desmoronou.” *(“Ou Debute anil lixistence*”, re-editado em *A Public Pbilosopby Render*.; (New Rochelle, NY: Arlington IIousc, 1978)). Parece haver muita verdade nessa argumentação. No entanto, Voegelin se refere a “segundas realidades” de tipo culturais e ideológicas; aparentemente não lhe ocorreu que a principal “realidade segunda” - a que escora todas as outras e que enfeitiçou a quase todos- não é nada mais que o universo físico, como concebido usualmente. No momento em que esquecemos que este chamado universo constitui apenas um domínio subexistencial - uma mera potência em relação ao corpóreo - criamos um monstro, pois, de fato, o domínio físico, assim ‘hipostaziado’, se transforma imediatamente no primeiro usurpador da realidade, na grande ilusão a partir da qual brotam inúmeros erros perniciosos. Não é pouca coisa “perder contato com a realidade”!

SOBRE SE

"DEUS JOGA DADOS"

Sabemos que sistemas quânticos são indeterminados. No que concerne às suas previsões, a mecânica quântica é, portanto, inerentemente uma teoria probabilística, estatística - até aí, está claro. O que não está claro, por outro lado, é se a teoria é ou não completa, fundamental. Podemos conceber a mecânica quântica como uma teoria que esteja lidando com certos epifenômenos estocásticos gerados por um sistema subjacente de tipo determinístico. E mais ou menos esse o pensamento de Einstein e o daqueles que, hoje em dia, dão crédito às “variáveis ocultas”, em desalinho com a ortodoxia da interpretação de Copenhagen. Esse é o prosseguimento do célebre debate entre Einstein e Bohr, que deverá continuar até que o ponto central esteja resolvido, a saber, a questão de se o universo é ou não determinístico.

Para começar, gostaria de apontar que essa questão não pode ser resolvida num nível estritamente “técnico-científico”. A própria duração do intercâmbio que se deu apenas entre Einstein e Bohr sugere isso, pois se fosse uma simples questão de física, teríamos o direito de pensar que os dois mais destacados físicos do século XX já a teriam resolvido

entre eles dentro de um tempo razoável. Mas o fato é que não chegaram a uma conclusão e o próprio Bohr parece ter meditado sobre o problema até o dia de sua morte.[1] O que vem ainda mais ao caso, no entanto, e que está longe de concluir o assunto, é o fato de que existem teorias estritamente determinísticas que levam exatamente às

mesmas previsões que a mecânica quântica. São as chamadas teorias de variáveis ocultas, conjeturadas originalmente por de Broglie e primeiramente erigidas por David Bohm, em 1952. Não há dúvida de que a indeterminação empírica continua; ocorre apenas que ela aparece, não porque o universo seja indeter-minístico ele próprio, mas porque o experimentador é incapaz, por princípio, de preparar um sistema físico no qual as "variáveis ocultas" estejam sujeitas a condições iniciais determinadas. De um ponto de vista estritamente científico, portanto, parece uma questão de escolha. Pode-se optar por uma visão da realidade que seja determinística ou por uma indeterminística, por um modelo neo-clássico [2] ou por um quântico - parece ser mais ou menos uma questão de gosto. E gostos diferem. Há cientistas de primeira linha que não enxergam nada de errado na noção de uma acausalidade fundamental — uma visão compendiada nas palavras de John von Neumann: "Não há, no presente, sentido nem motivo para atribuir causalidade à natureza"; e há outros, a começar por Einstein, que acham impensável 'Deus jogar dados'.[3]

O que temos a dizer então? Se o assunto não pode ser decidido numa base científica, por quais meios - outros que . não o 'gosto'- pode ele ser resolvido?

É o universo determinístico ou não, essa é a questão. Não deve haver dúvida que no plano empírico vigora certo determinismo. Afinal, estamos cercados por fenômenos -desde o movimento dos planetas até o funcionamento de incontáveis artefatos feitos pelo homem - que podem ser descritos e preditos tão precisamente quanto se queira pelos métodos da física clássica. E até no domínio quântico, como sabemos, acontece da evolução de sistemas físicos ser rigorosamente governada pela equação de Schrõdinger - até o instante fatal do colapso do vetor de

estado. Nesse ponto, no entanto, o determinismo (ou equivalentemente, a causalidade) parece ruir. E, não obstante, mesmo essa ruptura - real ou aparente, como seja - não acarreta em geral nenhum efeito mensurável no nível corpóreo, onde se lida obrigatoriamente com médias estatísticas estendidas para arranjos atômicos de magnitudes espantosas. É, portanto, a chamada lei dos grandes números que responde pelo determinismo clássico. E é por isso que von Neumann podia dizer que "não há, no presente, sentido nem motivo para atribuir causalidade à natureza". A partir desta perspectiva o determinismo clássico se reduz a um mero epifenômeno, ao passo que num nível fundamental, da maneira como é concebida hoje em dia, a causalidade sucumbe.

Precisamos nos dar conta, entretanto, que também existem fenômenos corpóreos (envolvendo arranjos subcor-póreos tão macroscópicos quanto se queira) nos quais os efeitos da indeterminação quântica não são mascarados por epi-fenômenos estatísticos, aparecendo, por assim dizer, com toda força — a propósito, é por isso mesmo que esses fenômenos puderam ser detectados. E o que ocorre, por exemplo, quando um contador Geiger é colocado nas proximidades de uma fonte radioativa. O decaimento de núcleos - que, de acordo com a mecânica quântica, constitui um processo incerto - aciona uma sequência de eventos discretos no nível corpóreo. Certamente ainda se pode conceber um 'mecanismo oculto' a operar dentro do núcleo que determine o instante da desintegração e, dessa maneira, a cadeia de eventos corpóreos que respeite alguma lei matemática, e é isso o que, com efeito, afirma a teoria das variáveis ocultas. No entanto, a questão real é se somos obrigados a supor, *a prio-ri,* que deva existir tal mecanismo.

Uma observação adicional que pode trazer luz à discussão: o conceito de determinismo não coincide de maneira alguma com a noção de previsibilidade. Até mesmo o mais empedernido adepto do determinismo deve certamente reconhecer que, afinal, nem tudo no mundo pode ser previsto realmente. O próprio Laplace, prócer do determinismo, mantinha apenas que o futuro do universo podia em princípio ser calculado, contanto apenas que se soubesse a posição e o momento exatos de todas as partículas; mas nem precisamos mencionar que nenhum cientista jamais foi louco o bastante para supor que tal conhecimento das 'condições iniciais' pudesse de fato ser alcançado por meios científicos ou que os cálculos necessários pudessem realmente ser realizados uma vez que se dispusesse dos dados. E verdade, sem dúvida, que um fenômeno somente é previsível na medida em que seja determinado, mas pode muito bem ocorrer de um fenômeno ser determinado sem que se possa sobre ele fazer uma previsão pragmática, empírica - existem limites, afinal de contas, ao que os humanos podem realizar.

Será que "Deus joga dados"? Esse parece ser o problema. Parece também que Einstein o colocou de maneira apropriada, pois o enunciado mesmo sugere o que agora deve ter se tornado bastante evidente, a saber, que, na verdade, o problema não é científico, mas inescapavelmente metafísico.

*

O problema só pode ser resolvido então no terreno da metafísica. Logo, cabe a nós refletir novamente a respeito dos princípios metacósmicos de matéria e forma, e manter em mente que esses princípios irmãos se refletem de vários modos em todos os planos da manifestação, do domínio empírico. Em todos os seus aspectos, para dizer a

verdade, a natureza é como se nos falasse dessa dualidade hilomórfica. Um exemplo é a distinção entre quantidades e qualidades, pois quantidades pertencem à matéria ao passo que as qualidades são indícios da essência e, assim, da forma. Para dar um segundo exemplo de particular interesse: pode-se mostrar que o espaço corresponde ao aspecto material e o tempo ao formal daquilo que se chamou o continuum espaço-tempo. Outro ainda, os complementares biológicos fêmea e macho (se é que podemos nos aventurar a dizer isso nos dias de hoje!). É claro que não podemos entrar numa longa discussão de todos esses exemplos; basta que se diga que o mundo está cheio de polaridades 'hilomórficas', nenhuma das quais, ademais, podendo ser compreendida profundamente sem referência ao seu protótipo ontológico.

Neste ponto será proveitoso nos recordarmos do chamado *yin-yang,* emblema familiar dos taoístas, o qual pode-ria ser chamado de ícone da dualidade hilomórfica. Ele consiste, como se sabe, de um círculo compreendendo um campo branco e outro preto, que se encontram num 'S' inscrito. Interiormente ao campo branco há um pequeno círculo preto e ao campo preto, um pequeno círculo branco. De acordo com a interpretação tradicional, a figura representa a complementaridade do *yin* e do *yang,* os princípios gêmeos correspondentes, respectivamente, ao substrato material e à és-sência (ou matéria e forma). No entanto, é usual entender a polaridade *yinlyang* não metacosmicamente, mas em termos desta ou daquela manifestação cósmica, o que significa dizer que o *yin-yang* se presta a incontáveis aplicações. Ele representa uma lei universal da complementaridade, não distante do 'princípio da complementaridade' geral concebido por Niels Bohr em seus últimos anos.[4]

Em todos os casos o *yin* está sempre do lado da matéria, representando assim o lado obscuro e ininteligível da coisa ou fenômeno em questão e por essa mesma razão ele é representado com a cor negra no *yin-yang.* O *yang,* por sua vez, significa a forma e assim se refere ao aspecto inteligível, sendo, portanto, representado pela cor branca.

Mas qual é o significado do círculo negro no interior do campo branco e do círculo branco no interior do campo negro? Certamente o que está em jogo aqui é mais do que a complementaridade no sentido usual, tendo o significado de um transpassamento mútuo ou, poderiamos dizer, uma pe-ricorese.[5] Como veremos, aqui reside a chave para a questão do determinismo.

Voltando à física, ela obviamente lida com certas determinações matemáticas, as quais, enquanto determinações, encontram-se do lado do *yang.* Ora, dentro desse contexto, o que mais poderia significar o *yin* senão certa indeterminação correlativa? Tendo como paradigma o *yin-yang* podemos concluir que 'no seio' da determinação, a indeterminação deve aparecer de algum modo. Mas, como? Antes de 1925, quem poderia ter previsto tal contingência? Foi isso, não obstante, o que se pôs em evidência. A teoria física mais precisa jamais concebida pelo homem deu origem -nada menos que na forma de um teorema matemático! — a um princípio de incerteza. Dentro do campo branco o círculo negro inesperadamente se faz presente, e o faz na forma de um círculo diminuto cujo raio, digamos, é da ordem da constante de Planck.

Minha posição já se tornou evidente a essa altura: o jogo de determinação e indeterminação, tal como concebido pela teoria quântica, longe de se mostrar ininteligível ao exercício da razão, acaba por constituir-se exatamente da forma requerida pela doutrina do *yin-yang.* A

indetermina-ção quântica, longe de ser uma aberração inexplicável, mostra-se de forma bem simples como o lado *yin* da moeda. Contrariamente às nossas expectativas clássicas, parece afinal que determinação e indeterminação não são na realidade opostos ou mutuamente excludentes, mas acabam por implicar um no outro num certo sentido elevado e maravilhoso. Prova-se assim que é quimérica a idéia de um universo perfeitamente determinístico, o que significa dizer que Deus, em certo sentido, realmente 'joga dados', por mais que este *lila* [8H] desagrade a um racionalista cartesiano.[6] [7]

4

"O universo", alguém já dizia, *"é* um tecido cuja trama é composta de necessidade e liberdade, de rigor matemático e execução musical; cada fenômeno toma parte nestes dois princípios."

Parece, no entanto, que o segundo desses princípios foi completamente esquecido durante a época newtoniana. Com o definhar da Idade Média, começou a se manifestar um viés decisivo em favor da "lei". Não apenas passou-se a crer mais ardentemente na existência de leis universais, mas também se começou a imaginar que qualquer movimento e transformação pertencentes ao domínio corpóreo poderíam ser explicados rigorosamente com base apenas em leis. Essa suposta lei que a tudo dirige rapidamente passou a ser concebida em termos estritamente matemáticos e até mecânicos, de acordo com o que se pode chamar de paradigma do mecanismo de relógio. Tem havido muito debate acerca das causas dessa evolução intelectual, que iriam desde um esco-laticismo decadente que perdeu o rumo até a construção de relógios mecânicos;[8]^ mas o que nos interessa especialmente é o fato de que esse movimento culminou na filosofia carte-

siana. Afinal, foi Descartes quem formulou a doutrina do determinismo mecanicista em seu formato integral, estabelecendo assim os fundamentos teóricos sobre os quais o edifício da física newtoniana seria posteriormente erigido. Desta maneira, foi por meio do legado cartesiano que o fantasma de um universo mecanizado se impôs sobre a civilização ocidental. Em retrospecto, podemos dizer que, desde o que chamam Iluminismo até o tempo de Max Planck, esta *Weltanschauung* reinou suprema. Mesmo hoje, em que pese a indeterminação quântica, ela ainda mantém uma influência formidável. Afinal, o que mais está em jogo na controvérsia entre Einstein e Bohr, senão um cartesianismo residual? [8]

Por que outro motivo deveria um físico se opor tão veementemente à idéia de que "Deus jogue dados"? Há aqueles que justificam sua oposição à idéia do indeterminismo seja da maneira que for; Stanley Jaki, para citar um deles, chegou ao ponto de perceber na postura dos adeptos da interpretação de Copenhagen "uma inconsistência radical", que supostamente seria resultado de uma "rejeição radical, por parte desta filosofia, de qualquer pergunta acerca do ser."[9] Porém, mesmo sendo verdadeiro que os físicos da escola de Copenhagen tenham normalmente dado pouquíssima atenção à ontologia, eu sustento que somente uma ontologia assimétrica - que conceba o mundo composto apenas de *yang* - levaria seus adeptos a acreditar num determinismo ao estilo cartesiano ou então a perceber uma "inconsistência radical" em sua negação.

Todos estão de acordo em que um evento seja inteligível na medida em que exemplifique uma lei, um princípio formal de algum tipo e, pelo mesmo motivo, o que quer que não se encontre sob a égide de uma lei é por isso mesmo ininteligível. Mas nada garante que o ininteligível

não possa ocorrer, por mais angustiante que isso pareça a um racio-nalista. Não há nenhuma razão *a priori* para supor, por exemplo, que a desintegração de um núcleo radioativo deva em princípio estar sujeita a uma lei determinista, não importando o que a teoria quântica tenha a dizer a respeito.

Voltando a Descartes, é interessante anotar que, a par de sua doutrina da bifurcação e da malfadada *res extensa,* o sábio francês ainda introduziu uma terceira noção de importância capital: a geometria analítica. A idéia básica, familiar a todo estudante de matemática, consiste na suposição de que o continuum matemático, seja uma linha, um plano ou um espaço de dimensão mais alta, pode ser "coordenati-zado" sendo, portanto, concebido como se fosse um conjunto de infinitos pontos. Sabe-se hoje que este passo não é assim tão livre de problemas quanto se poderia pensar, e alguns matemáticos contemporâneos de renome chegaram ao ponto de rejeitar a idéia de conjuntos infinitos. No entanto, raramente se percebe que a chamada coordenatização do continuum destrói - melhor dizendo, obscurece - a distinção entre 'potência' e 'ato' no seio do domínio matemático. De acordo com a concepção pré-cartesiana, como já notamos, não existem pontos numa reta ou num plano, até que tais pontos tenham sido traçados de uma maneira ou de outra. Em outras palavras, os pontos representam determinações, ao passo que o continuum enquanto tal constitui um tipo de substrato material ou 'potência', razão pela qual o exemplo da geometria pôde ser usado como metáfora ontológica. Podemos dizer que o continuum representa o princípio material no domínio quantitativo — a metade negra, digamos, do círculo- e isso é precisamente o que o racionalista francês estava compelido e determinado a extirpar, seja no universo exterior ou no terreno de sua representação matemática.

Em ambos os terrenos tinha que se excluir o aspecto ‘negro’. Com a introdução do que se conhece até hoje como sistema de coordenadas cartesiano, a obra de Descartes se torna completa.

*

E, não obstante, o ‘negro’ continua aí. Ainda mais: em virtude daquela admirável pericorese de que nos fala o *yin-yang,* o ‘negro’ se combina realmente com o ‘branco’. No coração de todas as coisas jaz, como para ser descoberta, uma certa *coincidentia oppositorum,* e é nela que reside, como dissemos, a chave para nosso problema: o enigma do inde-terminismo. O surpreendente é que liberdade e necessidade podem coexistir; uma não exclui nem cancela a outra, como normalmente se pensa. Assim, no seio da necessidade, pode existir a liberdade, não simplesmente como um elemento externo - na verdade, não como uma mancha negra num campo branco - mas como algo intimamente articulado à necessidade como uma sua contraparte. Em suma, existe certa união entre liberdade e necessidade, que se apresenta de incontáveis maneiras. Toda a arte, por exemplo, baseia-se numa tal síntese. Numa composição musical, tonalidade e métrica encontram-se do lado da ‘necessidade’ e é dentro deste quadro que a composição deve se desenrolar. Por outro lado, aquilo que se desenrola - o, digamos, conteúdo melódico — não está, de maneira alguma, determinado por tonalidade e métrica. Uma verdadeira obra de arte sempre exprime uma admirável liberdade, a qual acaba sendo intensificada pelo rigor da forma prescrita. É precisamente *dentro* de uma dada lei ou de um cânone determinado que a genuína liberdade de expressão artística pode ser alcançada. Como disse Goethe: *“In der Beschrãnkung zeigt sich der Meister*” (É na delimitação que o artista se mostra).

Tendo falado da liberdade no contexto da arte, não posso deixar de notar que este termo de maneira alguma é sinal de algo casual ou acidental. A liberdade de expressão pressupõe obviamente certa ‘indeterminação’ ou margem de manobra dentro de limites estabelecidos. A passagem da potência ao ato não se efetua por meio do lançamento de um dado, mas evidentemente por meio do artista, o agente inteligente que se expressa, que se revela *in der Beschrãnkung,* ou seja, na sujeição a certos limites.

Tentemos compreender esta interação - essa ‘dialética da liberdade e necessidade’ — da forma mais clara que pudermos, pois muita coisa depende desta questão. O ato criativo consiste na livre imposição de certas limitações, determinações. Essa nova determinação, no entanto, é bem diferente dos limites originalmente prescritos. Precisamos, por conseguinte, distinguir claramente entre limitações ‘desde baixo’, as quais são dadas de alguma forma, e limitações ‘desde cima’, as quais são livremente impostas. Devemos notar, ademais, que a segunda *pode* de fato ser imposta precisamente porque a primeira deixa certa margem para manobra, certa ‘indeterminação’. É em virtude desta indeter-minação que a tonalidade e a métrica, por exemplo, podem servir como um cânone para a composição musical.

Mas podemos ir ainda mais longe. Existe uma espécie de harmonia, de parentesco entre os dois tipos de limitação, pois o artista não apenas deve atentar para não transgredir o cânone prescrito, mas deve ainda selecionar cuidadosamente este ‘vínculo’ tendo em vista o ideal artístico que pretende exprimir.

*

Antes de deixarmos o assunto arte, é conveniente observar que a arte em geral nos alerta para um fato metafísico da mais alta importância. O exemplo da arte nos obriga a reconhecer que o paradigma hilomórfico, como o temos tratado até aqui, é incompleto e insuficiente. Temos o tempo todo examinado somente metade do quadro: a metade de baixo, podemos de fato dizer.

Voltemos então ao ponto de partida do hilomorfismo e façamos a pergunta: como um pedaço de mármore bruto adquire a forma de Sócrates? A primeira coisa a reparar é que a resposta a essa pergunta não pode ser dada em termos de *matéria* e *forma* apenas, ou seja, necessitamos, mais uma vez, de um *tertium quid*, o qual, no entanto, deve corresponder ao conceito de um agente ou princípio ativo: o artista, o escultor, aquele que confere a forma. Essa forma precisa

ainda pré-existir como um arquétipo, como 'a arte no artista', para usar uma frase escolástica. Vemos, assim, que o paradigma hilomórfico, em seu formato integral, deve comportar não dois, mas, quatro ingredientes - que correspondem exatamente às 'causas' aristotélicas, chamadas *material* , formal, eficiente e final.

Para nosso propósito, não será de todo mal passar por cima da distinção entre a causa eficiente e a causa final -entre o 'artista' e 'a arte no artista'— o que nos permite assim combinar ambas num único princípio ativo. O que, de maneira alguma, podemos permitir é que deixemos de fora a idéia de um agente, de algum princípio que seja ativo. Precisamos, portanto, recobrar a distinção escolástica entre *natura naturata* e *natura naturans:* entre o 'naturado' e o 'naturante'.

Como sabemos, porém, a idéia de um agente metacós-mico - de uma *natura naturans* - caiu em desgraça nos meios acadêmicos, levando assim a que o termo ‘natureza’ tenha perdido sua conotação mais elevada, passando a referir-se exclusivamente a este ou aquele aspecto da *natura naturata.* Afinal, uma vez descartada a noção de ‘forma’, não há necessidade de um agente ‘formador’. O que se ouve é que a ‘evolução’ dá conta do problema da gênesis: do universo como um todo até uma espécie de micróbios, tudo simplesmente ‘evolui’. Ora, as coisas sem dúvida evoluem, mas apenas depois de terem existência, depois de terem recebido uma forma, uma natureza que *possa* ‘fluir, desdobrar-se’.

Assim, em última análise, permanece o fato de que a *natura naturata* supõe uma *natura naturans:* o natural pressupõe o sobrenatural - por mais que isso desgoste a alguns. O termo escolástico *‘natura naturans*’ constitui sabidamente um *nomen Dei,* referindo-se a Deus como o ‘dador de formas’.

*

Estamos finalmente em posição de analisar nosso tema de interesse: ‘a união entre liberdade e necessidade’ no contexto da física. Para começar, onde aparece essa união? Ela aparece, é o que afirmo, no fenômeno da indeterminação quântica. Seja S um sistema físico e X um observável de S e suponhamos que S não esteja num auto-estado de X. Logo, o valor de uma medição de X está indeterminado ainda. A medição em princípio pode resultar em qualquer valor pertencente ao espectro de X; sustento que não há nenhuma lei que determine qual será o resultado. Por outro lado, o vetor de estado de S continua mesmo assim determinando uma distribuição de probabilidades associada, o que significa que a transição do

sistema pára uma resposta empírica não seja afinal indeterminada de maneira absoluta, pois, se o processo for concebido em termos, digamos, do lançamento de um dado, o lançamento deve ainda se dar de acordo com ‘pesos’ que respeitem a alguma lei anterior.

É certo que a distribuição quântica de probabilidade associada a um dado observável não determina o resultado da medição. Mas, não obstante, ela tem tanto a ver com o resultado quanto os pesos de um dado tendencioso têm a ver com o resultado de um lançamento, pois, de fato, os dois casos são indistinguíveis em termos estatísticos. A questão, no entanto, é que no caso do dado real a influência dos pesos se dá por meio de um processo temporal, o qual, ademais, é estritamente determinístico. O movimento de um dado, como sabemos, é determinado pelas equações da mecânica clássica, o que equivale a dizer que a indeterminação entra em jogo em virtude de nossa inabilidade de controlar as condições iniciais com um grau de precisão suficiente. O caso é consequentemente análogo àquele das variáveis ocultas. Mas será que o mesmo se pode dizer a respeito da indeterminação quântica? É de fato legítimo supor que o resultado de uma medição seja na realidade o efeito de um processo temporal, *seja ele determinístico ou não*?

Fica claro que, à luz da teoria quântica, essa pergunta deve ser respondida negativamente. Isso, pois o colapso do vetor de estado associado à determinação de X se apresenta como uma descontinuidade, sendo assim um evento, por assim dizer, instantâneo. Mas, diferentemente das desconti-nuidades que encontramos no domínio clássico, esta descontinuidade quântica não resulta de uma continuidade subjacente por meio de uma aproximação, dando provas, ao contrário, de ser em princípio irredutível a qualquer processo temporal contínuo. Sabidamente

natura non facit saltus (a natureza não dá saltos); mas devemos compreender que

essa máxima se refere à natureza no sentido usual, à *natura naturata* em oposição à *natura naturans.* Entrementes, é curioso que o modo de ação característico da *natura naturans* não seja por meio de um processo temporal, mas sim instantaneamente. Podemos concluir que a continuidade seja indicativa do substrato *material,* ao passo que a descon-tinuidade seja a marca do ato criador.

Nosso argumento tornou-se agora evidente: o significado da descontinuidade quântica - o significado do colapso do vetor de estado - repousa no fato de que ela exprime uma ação da *natura naturans.* Ocorre aí certa transição da potência para a manifestação - do plano físico para o corpóreo - e tal transição somente pode ser efetuada pelo princípio criador ou 'formador', a qual é a *natura naturans.* Mas, como a atuação da *natura naturans* é obrigatoriamente 'instantânea' (um ponto que retomarei no próximo capítulo), acaba que na realidade não há um processo temporal - nenhum 'lançamento de dados' real - a selecionar o valor medido de X a partir do espectro dos resultados possíveis. Essa determinação provém, por assim dizer, 'desde o alto' e interrompe i o curso normal dos eventos, isto é, interrompe a evolução de Schrõdinger daquele sistema físico.

O fenômeno da indeterminação quântica pode agora ser compreendido por analogia com o fenômeno da produção artística.[10] Uma vez mais existem dois tipos de delimitações: as 'desde baixo', em primeiro lugar, que consistem nos pesos probabilísticos do vetor de estado, e as 'desde cima', ou seja, os valores medidos do observável em questão, tal como revelados no estado final do instrumento corpóreo. Esses dois tipos de limitação são bem distintos,

tão distintos que, na verdade, pertencem a distintos planos ontológicos.[11] Ademais, a liberdade aparente na imposição das determinações finais também pressupõe, obviamente, uma indetermi-nação correspondente por parte das limitações pré-especificadas.

O que nos desconcerta é o fato de os resultados das medições satisfazerem (através de suas frequências relativas) as exigências dos pesos probabilísticos pré-especifica-dos - como que por milagre - num tipo de ‘dança’ espontânea que desafia uma análise causai. O significado metafísico desse enigma tornou-se, no entanto, claro. O fenômeno pode ser compreendido por analogia com a arte; o que nos desafia é uma união legítima entre liberdade e necessidade, entre ‘rigor matemático e execução musical’.

Capítulo VI

1

Níi noite antes ele morrer, Bohr desenhou urna figura no quadro. I[7],la mostrava o arranjo experimental do mais desafiador ‘contra-excmplo’ de Einstcin.

2

() que precisamos abandonar, no entanto, é a noção clássica de localidade: isso c o que estabeleceu John Stuart Bell como um teorema da mecânica quântica em 1964 e que tem desde então sido verificado por certos experimentos de precisão. Sobre esse ponto, a física moderna já pronunciou seu veredicto definitivo. Diferentemente do que se passa com o determinismo rigoroso, o princípio clássico da localidade não mais constitui uma opção viável. Podemos adicionar que sobre esse ponto, não apenas 1 iinstein posicionava-se contrariamente a Bohr, mas que ainda estava completamente enganado. Mesmo assim foi o próprio Einstcin quem desbravou o caminho que acabaria levando à prova da não localidade. Ou seja, o artigo Einstein-Podolski-Rosen acabou conseguindo o oposto do que tinha sido a intenção original: em vez de provar a incompletude da teoria quântica (um assunto que ainda permanece em aberto, para dizer o mínimo), ele conduziu à refutação do princípio da localidade e, por conseguinte, à ruína da *Weltanschauung* clássica. Sim, porque o modelo ‘neo-clássico’ de que falamos (teoria de de

Broglie-Bohm) está a anos-luz de distância da visão clássica, em que pese seu lado determinístico. F, esse pode ser o motivo da fria recepção de 1 iinstein ao trabalho de Bohm.

3

Continua von Neumann: pois nenhum experimento indica sua presença,

já que experimentos macroscópicos são inadequados por princípio, e a única teoria conhecida que é compatível com nossas experiências relativas a processos elementares, a mecânica quântica, a contradiz." (*Mathematical Voimilaliom of Quantum Mecbatücs* [Princeton: Princcton Univ. Press, 1955], p.328). Sabemos hoje que von Neumann exagerou a respeito desse último ponto pois suas deduções matemáticas não descartam a possibilidade de uma teoria de variáveis ocultas, como ele pensara. Sucede que, de fato, o conhecido 'teorema de von Neumann', que por muito tempo dominou o pensamento científico no assunto, não é pertinente ao caso. Ver cspecialmente J.S. Bell, *"On tbc Impossible Piloí Wave", Voundations ofPhysics,* vol. 12 (1982), pp989-99.

4

Foi sem dúvida sob a força de uma profunda intuição que Bohr elegeu o *yin-yang* como seu emblema heráldico.

5

Pericboresis é um termo da teologia cristã que se refere à mútua interpenetração, à inter-habitação entre as três pessoas da Divina Trindade. (N.T.)

6

Termo hindu que simboliza a ausência intrínseca de necessidade que Deus (Brahma) tinha de criar o mundo. Nada podendo haver em Deus que o forçasse a criar o mundo, ele o fez por pura gratuidade, como que por um passatempo, um divertimento, por *Hla*, diz-se. (N.T.)

7

Entretanto, na medida em que Deus não atua 'no tempo', podemos dizer que Deus não 'joga dados'. Retomarei este aspecto da questão no próximo capítulo.

8

Já no século quatorze encontramos uma forte predileção por certos tipos de relógios astronômicos que sem dúvida sugeriam um paradigma mecanicista. Como descreveu um historiador: “Nenhuma comunidade européia sentia-se capaz de manter-se erguida a menos cjue em seu seio os planetas girassem em ciclos e epiciclos, enquanto anjos marchavam, galos cantavam, e apóstolos, reis e profetas passavam em marcha e contra-marcha ao soar das horas.”(Lynn White, *Medieval Technology and SocialChange* [Oxford: Oxford University Press, 1962], p.124).

9

"From Scientific Cosmology to a Creative l Jiiiverse”, em *The Intellectuals Speak Out Ahout God,* ect por Roy A. Varghese (Chicago: Regnery Gateway, 1984), p.71.

10

O cenário da mecânica quântica vem a ser rigorosamente análogo ao exemplo da arte. A razão desta analogia, podemos acrescentar, é sugerida pela máxima esco-lástica “A arte imita a natureza” - natureza sendo desta vez entendida no sentido de

natura naturans.

11

A luz das considerações do capítulo 4, fica patente que as determinações pelas quais as *potentiae* são atualizadas no plano corpóreo devem acarretar delimitações qualitativas tanto quanto quantitativas. Somente quantidades, como tenho feito notar repetidamente, não são capazes de constituir um ente corpóreo.

CAUSALIDADE

VERTICAL

As reflexões do capítulo precedente trouxeram à luz uma verdade de importância capital: o universo observável, contrariamente às suposições do pensamento científico moderno, não pode ser entendido, em última instância, com base na causalidade natural; em termos escolásticos: a *na-tura naturata* pressupõe a *natura naturans. O* mundo natural ou 'naturado' pressupõe um agente criador, 'formador', não apenas no sentido de uma causa primeira que tenha trazido o universo à existência, mas um princípio de causalidade transcendente que opera aqui e agora. Esta é a conclusão à qual chegamos motivados pelo fenômeno do colapso do vetor de estado: longe de ser meramente um enigma da teoria quântica, o 'colapso' dá prova de ter uma significação fundamentalmente metafísica e isso coloca em discussão a validade do naturalismo e a suposta hegemonia da causação natural. O universo observável acaba por não corresponder à concepção de um sistema fechado; não apenas existe um metacosmos, mas vemo-nos finalmente forçados a admitir que o universo espaço-temporal nem possui existência nem opera por si próprio.

Frequentemente tem sido afirmado que a mecânica quântica acabou por invalidar o postulado do determinismo, da noção de que o estado do universo em um instante inicial qualquer do tempo determina seus estados futuros. Em lugar de um determinismo rígido, a nova física teria chegado à concepção de um universo parcialmente indeterminado, no qual haveria lugar para o que, por um descuido de linguagem, se tem chamado 'acaso'. A

previsibilidade do universo newtoniano — assim nos dizem — é inerentemente estatística, tendo validade para arranjos macroscópicos que envolvem um número gigantesco de partículas fundamentais, ao passo que no nível dessas partículas o elemento de azar é introduzido e as próprias leis, que ainda retém sua validade neste nível, não bastam para determinar a resposta de processos naturais. Mesmo assim, apesar de podermos afirmar que o determinismo clássico tenha sido descartado, é, não obstante, enganador falarmos de 'acaso' com respeito ao mundo microscópico. Como já salientei, o colapso de um vetor de estado - o processo que elege um particular auto-estado de um conjunto de auto-estados [8,i] - não pode adequadamente ser comparado ao lançamento de um dado, pois, ao passo que este último constitui um processo temporal, por mais incerto que seja, o colapso do vetor de estado não pode ser assim concebido. Podemos afirmar taxativamente que o colapso do vetor de estado não é resultado de um processo [1]

temporal, seja ele determinístico, aleatório ou estocástico.[2] Uma ordem de causalidade mais elevada entra em cena, a qual precisa ser distinguida categoricamente da causalidade temporal em qualquer de suas modalidades. O chamado 'colapso', no fim das contas, não pode ser atribuído ao acaso mais do que ao determinismo, requerendo assim um tipo de causalidade que - estranho dizer - 'não é deste mundo'.

*

A ciência moderna, em razão de seu *modus operandi,* é incapaz de alcançar este tipo de causalidade; na verdade, ela é incapaz até mesmo de reconhecer que o fenômeno do colapso do vetor de estado não pode ser tratado pelos meios à sua disposição, o que explica os

esforços sem fim dos físicos que estão tentando fazer exatamente isso. Não importa se o tempo é encarado *à la* Newton como um continuum linear ou em termos einsteinianos, implícito no continuum espaço-tempo; em qualquer dos casos, uma causalidade que transcenda o domínio temporal parece inconcebível cientificamente. Não obstante, uma alegação tradicional da metafísica é que a causação primeira transcende de fato os limites do tempo. Para entendermos o que isso acarreta precisamos primeiro que tudo renunciar à noção de que o universo 'exis-

te no tempo' - como se o tempo pudesse por si transcender o universo. É uma ilusão supor que o tempo — ao menos da forma que entendemos o termo - tenha qualquer realidade destacada dos processos temporais, ou seja, à parte dos movimentos e transformações no mundo natural. Uma crença remota é a de que o tempo veio à existência juntamente com os corpos celestes, os quais dão a medida de sua passagem por meio das revoluções por eles efetuadas. A conexão, portanto, entre o tempo e o relógio celeste que mede, que 'reparte' as durações, é tal que faz de ambos inseparáveis.

Por conseguinte, se dermos como certo que o universo não causou a si mesmo, segue-se que o ato criador pelo qual ele foi trazido à existência foi realmente supratemporal, como bem colocou Santo Agostinho: "Fora de qualquer dúvida, o mundo não foi feito *no* tempo, mas *com* o tempo."[8]"
Não obstante isso, ainda tendemos a conceber o ato criador como algo que se deu num passado remoto, o que significa que ainda pensamos nele como um evento temporal. Parece que nossa mente vê-se de certa forma impelida a pensar em termos espaço-temporais mesmo quando o objeto de nossa atenção resiste a limitações deste tipo. Para citar um exemplo de relevância, todo pesquisador em matemática reconhece o fato de que imagens espaço-temporais

acompanham suas reflexões mais abstratas e sofisticadas e acaba por aprender a arte de usar tais imagens como via para ‘enxergar’ os objetos matemáticos em questão. O fato é que imagens podem [3] ser encaradas como sinais que apontam para além delas mesmas, para uma realidade transcendente que elas representam de algum modo. Em particular, a possibilidade de pensamento metafísico depende deste princípio; o que se requer são representações simbólicas de verdades metafísicas; são, se quisermos, ícones, os quais podem ser captados por nossas faculdades mentais e alcançados pelo intelecto. Contrariamente a um popular erro de juízo, o intelecto humano não opera por meio do raciocínio, mas sim por meio de um ato de visão mediada por imagens, por uma representação icônica.

Voltando à idéia ilegítima de que o universo foi criado ‘há muito tempo’, surge a questão de se podemos encontrar um simbolismo adequado em termos do qual a natureza su-pratemporal da criação possa ser entendido. Proponho abordar o problema por etapas após três observações, a primeira delas sendo: o modo natural de descrever iconograficamente um metacosmos é através de uma dimensão mais alta. Restringindo-nos a representações no plano, isso implica que o espaço-tempo quadri-dimensional terá de ser representado por uma figura unidimensional, sendo uma reta ou uma curva. Se pensarmos nas três dimensões suprimidas como sendo as espaciais, a reta ou curva resultante representará então o universo empírico como um processo temporal, ou, se quisermos, como o próprio tempo. E isso nos leva à segunda observação: já que qualquer ponto concebível no tempo possui um antes e um depois, nossa escolha é entre

uma linha aberta em ambas as extremidades ou uma simples curva fechada. Ora, a primeira possibilidade é

inaceitável iconograficamente porque não pode ser construída na realidade, o que nos deixa o círculo - a curva fechada mais simples - como o candidato por excelência.[4] A terceira observação diz respeito ao próprio Ato criador, o qual é agora concebido para além do tempo e, por conseguinte, metacosmica-mente. O que precisamos reconhecer é que esse Ato é perfeitamentc simples: é indiviso e, de fato, indivisível. Deve, portanto, ser iconograficamente representado por um ponto. lísse ponto, no entanto, deve ser único, desassociado de todos os outros por meio de alguma marca que seja inconfundível, que lhe confira preeminência. Com esta terceira condição, completamos assim os elementos definidores de nossa representação iconográfica: esta deve consistir de um círculo juntamente com seu centro. Menciono de passagem que essa representação é válida não somente para o universo como um todo - ao macrocosmo - mas, também, igualmente para todo e qualquer ente contido naquele universo -acima de tudo ao homem, que é o microcosmo por excelência. Podemos acrescentar que o ícone que caracterizamos em sua, digamos, simplicidade arquetípica, admite incontáveis elaborações, cada uma adaptada a um domínio, a uma aplicação particular, e também que sempre foi um ícone conhecido, de uma forma ou de outra, por todas as civilizações tradicionais.

Em contraste, devemos notar que o ocidente moderno constitui de fato a primeira civilização que *não* enxerga o cosmos através das lentes deste ícone. Nossa ciência patentemente não encontra uso para um metacosmos, estando comprometida com uma visão do universo empírico como se fosse um sistema fechado que pode ser compreendido, em princípio e sem resíduos, em termos tão-somente da causalidade natural. Livramos-nos da noção de transcendência e reduzimos a idéia de causalidade ao nível de um processo temporal. Podemos afirmar, de maneira

talvez hiperbólica, que o ‘tempo’ se transformou no novo deus e a ‘evolução’ na nova religião.

Mas, voltemos ao nosso ícone, o qual implica uma *Wellanschauung* completamente diferente. O primeiro a se observar é que o Ato criador não significa ‘há tempos atrás’; não apenas o Centro se encontra fora do círculo, mas ele também equidista de todos os pontos da periferia. Todo ‘aqui’ e ‘agora’ participa de maneira igual naquele Ato transcendente, o qual é único e indivisível de direito próprio. Pode-se assim entender que, muito embora o Centro não esteja em lugar algum do espaço-tempo, ele ainda assim é, em certo sentido, ubíquo: nas palavras de Dante, ele está “onde cada *onde* e cada *quando* se concentra”.[5] Igualmente segue-se que a criação não é sequencial, como lemos em Eclesiástico: “Aquele que vive na eternidade criou todas as coisas de uma vez”(Eclo 18, 1). “Há um limite, portanto,” afirma Fílon de

Alexandria, “à idéia de que o universo tenha vindo à existência ‘em seis dias’”; e Mestre Eckhart é ainda mais claro: “Deus faz o mundo e todas as coisas nesse atual *agora”,* declara o mestre alemão. Logo, a multiplicidade não pertence ao Ato criador, mas à ordem criada; em termos de nosso ícone, ela pertence não ao centro, mas à circunferência.

Devemos notar ainda que nosso ícone compreende não dois, mas três elementos básicos: além do centro e da circunferência, ele ainda exige raios que conectem o centro aos pontos na circunferência e isso também tem sua importância metafísica, sua interpretação ontológica. Shabistari, o sufi persa, coloca de maneira simples: “Do ponto vem a linha e então o círculo.” Os raios representam o que se pode chamar de direção ‘vertical’, o qual tem a ver com relações onto-lógicas e não com o domínio espaço-

temporal. Tudo o que existe no espaço e no tempo existe em virtude daquela dimensão vertical; de acordo com Shabistari, a linha precede o círculo - não temporalmente, é claro, mas ontologicamen-te. Uma superstição moderna é que as coisas existam por si mesmas ou por conta de outras 'coisas': o desprestígio da verticalidade, que vai desde uma atitude de desinteresse até a negação completa, constitui mesmo o passo decisivo que nos traz ao mundo moderno. Entrementes, permanece verdadeiro, agora e sempre, o fato de que a mente humana possui acesso à dimensão vertical, e de que estejamos, de fato, cônscios daquela dimensão declarada oficialmente 'inexistente', tanto em nossos sentimentos moral, estético e religioso, quanto em nossas vidas diárias. Mesmo o mais simples ato de percepção é consumado pelo intelecto, transcendendo assim os limites do espaço e do tempo.[6] [7] Também o objeto externo transcende sua posição espaço-temporal em virtude de sua forma substancial, à falta da qual ele não poderia ser conhecido. Vemos então que num universo privado da verticalidade o conhecimento torna-se impensável; e, para falar a verdade, após séculos de esforços vãos na tentativa de explicar a maneira pela qual somos capazes de conhecer o mundo exterior, os filósofos ocidentais persuadiram-se de que de fato nós *não* o conhecemos. Como já argumentei,[9'2] a visão moderna carrega dentro de si as sementes do pós-mo-dernismo; uma vez que se esqueceu que o círculo provém do centro, a sorte foi lançada.

*

O resultado disso é uma causalidade primária que atua, não em um passado remoto, mas em cada *aqui* e *agora* sem exceção. Tudo que existe no espaço e no tempo é, não apenas trazido à existência, mas mantido na existência por essa causação primária, consequência de um único e

indivisível Ato. Diferentemente dos tipos de causalidade levados em conta pela ciência moderna - que podem ser chamadas

de causação temporal ou natural - essa causalidade primária não atua desde o passado para o futuro por meio de um processo temporal, mas atua diretamente, não mediada por nenhuma cadeia de eventos temporais. Surge aqui a questão de se esse modo de ação 'não mediado temporalmente' - ao qual chamaremos pelo adjetivo 'vertical' - é uma prerrogativa exclusiva da causação primária ou se talvez existam modos secundários da causalidade vertical. Ao responder essa pergunta, podemos dizer que a causação efetuada por um agente inteligente é obrigatoriamente vertical.[9:!] Tomemos o caso da arte no sentido primitivo de criação humana: o processo inteiro depende de um ato vertical desse tipo. O que está em jogo na autêntica arte é verdadeiramente uma *imi-tatio Dei:* o artista humano 'toma parte', em algum grau, no prodígio criador da Causa Primeira: "Todas as coisas foram feitas por Ele, e sem Ele nem uma coisa foi feita" (Jo 1,3). Mas significará isso que toda produção - até a do artefato mais ordinário - deve ser atribuída indiscriminadamente ao próprio Deus? Certamente não. A esse respeito, é interessante notar que, a partir dos tempos pós-medievais, tornou-se geralmente aceito o seguinte texto para João 1,3: "Todas as coisas foram feitas por Ele, e sem Ele nada se fez *do que foi feito."* Podemos tomar o *quod factum est* como se referindo àquilo que foi feito *verdadeiramente* e, portanto, àquilo que verdadeiramente *é.* A diferença, para usarmos a terminologia escolástica, reside na presença ou ausência de for- [8] *ma:* é esta - um elemento transcendente! - que confere ser. Ora, essa concessão de forma constitui um ato de causação inegavelmente vertical.

Existe, não obstante, uma diferença crucial entre formas conferidas verticalmente pela causa primária e formas impostas por atos verticais secundários. E prerrogativa do Artífice Primeiro conferir formas *substanciais,* que são aquelas que trazem à existência as substâncias primeiras que constituem o domínio corpóreo e sobre as quais todos os modos secundários de produção estão restritos a operar, como exemplo, o mármore, sobre o qual atua o escultor. As formas impostas pela arte humana são de um tipo diferente: são formas que dão existência, não a uma substância, mas a um artefato. Podemos ver que, a despeito da realidade da 'participação', a *imitatio* está mundos de distância do Ato primário em si. Ainda assim, permanece o fato de que a concessão de forma - seja ela 'substancial' ou não - depende, como já disse, de um ato vertical.

Tendo assinalado a onipresença da causação primária e tendo notado que existem também modos secundários de causalidade vertical, precisamos deixar claro que os modos de causalidade temporal ainda assim existem e têm sua importância. A ação primária não suprime os modos temporais; ao contrário, os traz à existência e lhes confere eficácia. No entanto, a causação temporal é limitada em seu alcance; podemos dizer que ela seja capaz de efetuar mudanças, efetuar transformações de vários tipos, mas não pode dar ori-

gem a algo novo: o 'produzir' autêntico, como vimos, é prerrogativa da causalidade vertical. Para ser exato: uma causa verdadeiramente produtora é, ou a própria causa primeira, ou então é o ato livre de um agente inteligente que 'participa' da causalidade primária; nada, por conseguinte, nunca é verdadeiramente 'produzido' por causas naturais.

Devemos ressaltar que essas reflexões estão intimamente relacionadas com um teorema matemático, descoberto por William Dembski, que forma a base do que vem sendo conhecido como teoria do desígnio inteligente, DL[9] Dembski demonstrou que a presença de um Dl pode ser reconhecida por meio de um critério, de uma marca, a qual não pode ser duplicada por causas naturais. A teoria pode ser formulada em termos de teoria de informação a partir do conceito de informação complexa especificada, ICE.[10] O resultado central é uma lei de conservação da ICE que afirma que a quantidade de ICE num sistema fechado não pode ser aumentada por nenhum processo natural, seja ele determinístico, aleatório ou estocástico.[11] Disso resulta, de acordo com nossa análise, que apenas uma causação vertical é capaz de gerar ICE. Menciono de passagem que este resultado coloca um

obstáculo formidável para a biologia darwinista ao demonstrar que o mecanismo darwiniano - o qual constitui na verdade um processo estocástico - não poderia jamais originar a imensa quantidade de ICE que vemos em organismos vi-ventes. Entretanto, o que nos interessa agora é algo bem mais geral: se pudermos supor que ‘produzir’ é gerar ICE e se ainda for verdade que toda causação vertical advenha da Causa Primeira - seja diretamente ou através de ‘participação’ - então se segue com base rigorosamente matemática que “Todas as coisas foram feitas por Ele.”

Tendo colocado em relevo a distinção do modo vertical de causalidade em contraste com os modos temporais - que bem poderiam ser denominados ‘horizontais’ - devemos agora reparar que os dois tipos de causação coexistem sem nenhuma confusão de efeitos: assimfcomo a causação horizontal não é capaz de produzir os efeitos da causalidade vertical, também podemos dizer que a causação vertical não é capaz de produzir efeitos que sejam

próprios da causalidade horizontal. Acho notável que também isso possa ser compreendido dentro de nosso simbolismo geométrico: como bem sabe todo estudante de mecânica, um vetor de força vertical não pode provocar uma aceleração horizontal e vice-versa. Ora, pode parecer que esta aparente incapacidade por parte da causação vertical em produzir efeitos 'horizontais' seja incompatível com o princípio dela possuir primazia em relação ao outro modo de causalidade; no entanto, isso não ocorre na verdade. Meu argumento é que a causação vertical efetua mudanças *ontológicas,* as quais podem, por sua vez, afetar o curso temporal dos eventos sem afetar a operação da causalidade horizontal: quando algo é alterado interiormente, seu comportamento exterior mudará de acordo. Os mesmos princípios de causalidade temporal continuam operantes antes como depois da alteração ontológica e, não obstante, o processo resultante exibirá a mudança correspondente. Entrementes, nem a alteração ontológica nem a resultante alteração 'de trajetória' são efeitos de um processo temporal, o que equivale a dizer que ambos se apresentam como uma descontinuidade irredutível. Muito embora, portanto, a cau-sação vertical não possa efetuar diretamente uma mudança temporal, ela é capaz de alterar o curso dos eventos sem qualquer suspensão da causalidade temporal.

*

Voltando ao tema da física quântica, consideremos uma vez mais a distinção de categoria entre um objeto cor-póreo X e o objeto físico SX a ele associado. Tendo trazido à discussão a noção escolástica de forma substancial, devemos notar, em primeiro lugar, que aquilo que normalmente tomamos como objetos corpóreos no domínio orgânico raramente são constituídos por uma única forma substancial. O que se nos defronta nesses casos não é uma substância única, mas um

agregado consistindo de várias substâncias, denominado mistura pelos escolásticos. Não obstante, por mais básica que seja essa distinção, vemos que ela é irrelevante para nossa questão, ou seja, podemos supor, sem qualquer perda de generalidade, que X é uma substância.

Qual é, então, a relação entre X e SX? Podemos colocar da seguinte maneira: o que se apresenta aos olhos do físico como um agregado SX de partículas quânticas é na realidade um objeto corpóreo X em virtude de uma forma substancial e o motivo da diferença é, efetivamente, um ato de causação primária. As partículas quânticas que constituem SX existem como objetos intencionais da física mas não como componentes de X: como partes de X, essas supostas partículas não mais são físicas e não podem mais ser concebidas de modo estrito como partículas. Como parte de um ente corpóreo, elas participam do ser daquele ente, na sua forma substancial. Concluímos no capítulo 4 que as partículas físicas são desprovidas de essência, carecendo, portanto, de ser: essa é a razão pela qual Heisenberg situou essas chamadas partículas "a meio caminho entre possibilidade e realidade" e é também o motivo pelo qual Erwin Schrõdinger conclui que:

Fomos forçados a dispensar a idéia de que tal partícula seja um ente individual que retém em princípio sua 'identidade' para sempre. Muito ao contrário, somos agora obrigados a asseverar

que os constituintes últimos da matéria não

possuem 'identidade' alguma.[12]

Acrescentemos que elas não possuem 'identidade' por não possuírem uma essência, uma quididade, uma forma substancial própria. Como foi exaustivamente

explicado nos capítulos precedentes, elas não são ‘coisas’, pertencendo, em vez disso, à categoria ontológica das *potentiae*. Ora, o ato em relação ao qual elas estão em potência não é outro que a incorporação num ente corpóreo. Segue-se daí que, uma vez incorporadas, elas deixam de ser *potentiae*, não sendo mais, assim, partículas quânticas. Precisamos entender, no entanto, que elas continuam a existir como objetos intencionais da física e que a representação quântica de SX mantém sua validade desde um ponto de vista físico, contanto que se atente, porém, para a seguinte ressalva: é necessário supor que o alcance das superposições em SX seja limitado pela natureza corpórea de X. Lembremo-nos que é precisamente o ‘princípio da de-superposição’ que resolve o paradoxo do gato de Schrõdinger: é a razão pela qual bolas de *cricket* não possuem duas localizações e pela qual gatos não podem estar mortos e vivos ao mesmo tempo. Parece que o status subcorpóreo de SX tem de fato implicações quânticas, algo que pode ser visto agora como um efeito da causalidade vertical.

Segue-se dessas considerações que entes corpóreos não são de fato ‘feitos de partículas’ como quase todo mundo crê firmemente. Não importa se concebemos clássica ou quanticamente essas ‘partículas constituintes’: a noção vem a ser fantasiosa nos dois casos, pois, como observamos, uma vez que sejam incorporadas, essas supostas partículas não são mais partículas. Tendo entrado na composição de um ente corpóreo, elas se transformaram em algo que não corresponde mais à idéia de partícula, transformaram-se em partes genuínas de um todo ontológico. Como tais, elas não possuem uma existência separada, mas recebem sua existência do todo do qual formam parte. Contrário à crença corrente, não são as partículas constituintes que conferem existência ao ente corpóreo, mas, antes, é este último que confere existência

às suas partículas constituintes ao elevá-las desde sua situação de *potentiae* até a de partes efetivas.

Devemos observar que essas reflexões esclarecem o fenômeno da indeterminação, visto pelos físicos mais comumente como uma espécie de anomalia, um tipo de imperfeição. Como se não fosse ruim o bastante que Deus 'jogue dados', os fatos quânticos ainda impedem que as partículas fundamentais, sobre as quais os físicos depositaram suas esperanças, sejam sequer qualificadas como 'coisas'. O que a comunidade de físicos deixou de perceber até agora é que essas deficiências aparentes são, precisamente, o que se requer para que as partículas em questão possam entrar na constituição de entes corpóreos. Em poucas palavras: se as

partículas quânticas não tivessem algo a ver com a indeterminação, elas não poderiam receber uma determinação como partes legítimas de um todo corpóreo. Os físicos pensam ao revés; porém, na verdade, não é função das partículas *conferirem* existência a um agregado, mas, antes, *receberem* a existência de uma forma substancial.

Finalmente estamos em posição de compreender o fenômeno do colapso do vetor de estado desde um ponto de vista da metafísica tradicional. Já ficou claro da análise precedente que a distinção categórica entre os domínios corpóreo e físico resolve esse aparente paradoxo; porém, ao passo que a distinção entre um instrumento corpóreo I e o instrumento físico associado SI torna concebível o colapso do vetor de estado, ela não nos diz como realmente conceber esse fenômeno. Esta é a questão que falta ser tratada.

Consideremos o que acontece no processo de medida: uma partícula - ou um conjunto delas - emanada desde

um objeto, adentra o instrumento corpóreo e se torna efetivamente uma parte do instrumento. É por causa dessa incorporação que o instrumento registra a resposta da medição. Essa resposta é consequência do resultado de um ato vertical que pode ser concebido como um ato de causalidade primária mediada por uma forma.[13] O problema agora é compreender de que modo este ato afeta o sistema quântico composto do objeto físico O mais o instrumento físico SI. É exatamente aqui que reside o quebra-cabeça: de acordo com a teoria quântica, O+SI constitui um sistema físico, o qual deveria evoluir de acordo com a equação de Schrõdinger como o fazem normalmente os sistemas físicos; por que razão, então, isso não ocorre? Para isso já fornecemos uma resposta parcial: o que caracteriza O+SI é o fato de SI ser sub-corpóreo; mas qual o efeito que isso provoca no estado do sistema composto? O efeito é o seguinte: certas partículas originalmente pertencentes a O pertencem mais tarde a SI, o que acarreta - pelo 'princípio da de-superposição'- uma restrição em seus estados admissíveis. O sistema composto O+SI e, portanto, seu vetor de estado, experimenta assim uma descontinuidade no momento da medição e esta nada mais é do que o colapso do vetor de estado.

A par disso, fica claro que o colapso não abole a evolução de Schrõdinger do sistema, mas apenas 're-inicializa' a equação de Schrõdinger. Em outras palavras, a mudança na trajetória resulta, não de uma interrupção da causalidade temporal, mas de uma mudança instantânea no próprio sistema; como sempre, a causação vertical não impede os modos horizontais de causalidade. É enganoso, portanto, falarmos de 'acaso' com relação ao mundo microscópico; o que o colapso do vetor de estado implica não é aleatoriedade, não é o lançamento de um dado, mas simplesmente o fato de que o

universo espaço-temporal não constitui um sistema fechado. O digno de nota acerca desse fenômeno é que ele exibe um efeito de causação vertical, em desafio ao naturalismo vigente.

Fica claro que basta apenas um 'princípio de de-super-posição' para resolver os grandes enigmas da física quântica:[14] o fato de um objeto corpóreo X 'atuar sobre' SX de modo a restringir o espectro de superposições admissíveis explica de um só golpe o fenômeno do colapso do vetor de estado tanto quanto o paradoxo de Schrõdinger. Não obstante, não é uma questão de X atuar sobre SX, mas, antes, de um ato vertical pelo qual o próprio X é mantido na existência. O que fundamentalmente está em jogo é nada mais que a onipresença do Ato cosmogênico, e isso é o que agora passarei a explicar.

Com esse fim, lembremos que todas as cosmologias tradicionais encaram o surgimento do cosmos a partir de um substrato material primordial, ao qual se alude por meio de uma ampla variedade de formas simbólicas nas literaturas sacras, posteriormente designadas por vários termos técnicos, indo desde a *Prakriti* vedantina até a *matéria prima* dos escolásticos. Entre todas essas designações do substrato *material,* a mais pertinente para nossa questão é o termo grego *Chãos*; podemos ler na *Teogonia* de Hesíodo:

"Verdadeiramente no início, veio a ser o *Chãos"* O que 'veio a ser' primeiro pode ser entendido como uma gama de possibilidades antagônicas, no sentido de serem mutuamente incompatíveis no plano da manifestação. Um bloco de mármore contém potencialmente inúmeras formas, mas apenas uma delas poderá ser atualizada pela arte do escultor. A atualização de uma forma necessariamente requer um ato determinante, a imposição

de uma ‘delimitação’ sobre o ‘ilimitado’, de acordo com o verso bíblico: “Ele fixou Seu compasso sobre a face do abismo” (Prov. 8,27). O Ato cosmogêni-co pode, portanto, ser entendido como um ato de mensuração no sentido que tinha o termo nas tradições grega e hindu; como explica Ananda Coomaraswamy:

O conceito platônico e neo-platônico de medida concorda com o conceito indiano: o “não medido” é aquilo que ainda não foi definido; o “medido” é o conteúdo definido ou finito do cosmos, do universo “ordenado”; o “não mensurável” é o Infinito, que é a fonte tanto do Indefinido quanto do finito, e que permanece inalterado pela definição do que é definível.[15]

À luz destes conceitos tradicionais, percebemos uma vez mais que o mundo quântico ocupa uma posição intermediária entre o “medido” e o “não medido”; em que pese o fato de um sistema quântico estar evidentemente sujeito a certas determinações - à falta das quais ele não poderia ser concebido quanticamente — ele, não obstante, está ainda insuficientemente determinado de modo a poder ser qualificado como um “conteúdo definido ou finito do cosmos”. Como observamos antes, na verdade ele não é uma ‘coisa’, pois lhe falta uma quididade, uma essência.

Ora, é precisamente essa falta de essência que se manifesta fisicamente como indeterminação quântica: aqui reside o significado metafísico dessa indeterminação. O que tem desconcertado os físicos é simplesmente esse sinal, essa marca de “não medido”, a qual, no entanto, mostra ser uma característica de todo o mundo quântico: o princípio de incerteza de Heisenberg garante isso. Segue-se que o domínio quântico em sua inteireza constitui um substrato material em relação ao “medido”, isto é, ao mundo corpóreo. Sem dúvida que um sistema quântico pode ser

atualizado pelo que chamamos presentificação ou por uma medição científica, mas devemos observar que sua atualização nos leva inevitavelmente para *fora* do mundo quântico e para dentro do corpóreo, enquanto o sistema mesmo permanece não manifestado - e, na verdade, não manifestável. Faça o que quiser, o substrato nunca deixa de ser um substrato.

Fica patente nestas considerações que a física quântica descobriu um nível ontológico que se aproxima das “águas” primordiais, as quais permanecem no lugar mesmo

depois de o Espírito de Deus ter “soprado sobre elas” para trazer nosso mundo à existência. Meu argumento é que a indeterminação quântica — esse caos parcial da superposição quântica - pode na verdade ser encarado como um reflexo do *Chãos* primordial ou ainda mais concretamente como um vestígio desta ‘desordem’ subjacente.

A respeito da atualização de um sistema quântico por meio de uma medição, vimos que ela depende de um ato de causação vertical que deve ser referido em última instância à causalidade primária. Assim, pode-se dizer que toda medição de um sistema quântico constitui um ato cosmogênico que ‘participa’ do Ato único da criação. Esteja consciente disso ou não, no fenômeno do colapso do vetor de estado o físico está “recobrando” o Ato cosmogênico, não de modo hipotético, não numa suposta explosão que talvez tenha ocorrido há tantos bilhões de anos atrás, mas, efetivamente, no *aqui* e *agora.*

*

Constatamos que SX representa o substrato material de X, sua face ontológica inferior. Ele constitui, se quisermos, o círculo negro dentro do campo branco, a potência residual

que se recusa a ser apagada. Isso nos traz de volta ao que assinalei no capítulo 5: a indeterminação representa “a face *yin* da moeda”. Menciono de passagem que esta face *yin,* em que pese seu caráter de “inexistente”, desempenha um

\

papel crucial no funcionamento do universo, desde o comportamento de objetos inanimados até o de organismos vivos e até, ao que parece, o de civilizações. É devido a este ‘campo negro’ que existem no mundo o crescimento, a espontaneidade e certa liberdade, porém, ao mesmo tempo, o substrato material manifesta a si mesmo também como uma propensão universal em direção à decadência, uma tendência de retorno ao caos primordial. Nas esferas moral e social, essa inclinação nos é bastante familiar,[16] enquanto que, de um ponto de vista científico, essa mesma tendência universal se manifesta mais patentemente na segunda lei da termodinâmica.[17]

É verdade que a existência de um substrato material - ou ‘caos sub-existencial’- nunca foi posta em dúvida; mesmo assim acho realmente espantoso que se tenha encontrado um modo de representar esse substrato fisicamente e de lidar com ele de maneira matematicamente precisa e empi-ricamente eficaz. Com segurança afirmamos que ninguém poderia ter previsto tal avanço científico e, para falar a verdade, mesmo depois de logrado o avanço, parece que ainda são poucos os que compreendem sua real significação.

Resulta que a exploração dos físicos em busca da ‘matéria’ - sua labuta de séculos para estabelecer as bases *materiais* da existência corporal - foi finalmente coroada com sucesso; eles apenas ainda não conseguiram reconhecer esse fato.

Desencaminhados pelas premissas cartesianas, eles têm procurado pela *res extensa,* pelo átomo de Demócrito, e quando, nas primeiras décadas do século XX, parecia que o sucesso estava à vista, eles acharam no momento decisivo que a fonte tivesse misteriosamente secado. Em lugar da *res extensa,* surgem essas esquivas partículas quânticas, forçando os físicos a admitir, para sua consternação, que o que chamavam de 'partículas' não são de fato entes reais, não são verdadeiramente 'coisas'. Mesmo assim, permanece o fato de o *modus operandi* da pesquisa ser o correto e que o longo e árduo caminho para a descoberta tenha efetivamente conduzido ao substrato material das coisas corpóreas, a despeito de aparências filosóficas ilegítimas apontarem o contrário. De um ponto de vista tradicional, é evidente que SX representa de fato o substrato de X e também que dificilmente se poderia prever uma descrição mais maravilhosa daquele 'caos subjacente'. No entanto, infelizmente essa descoberta tornou-se invisível para a comunidade maior dos físicos, que ainda acreditam piamente em a ciência moderna ter desqualificado a sabedoria das eras passadas.

Há uma moral nessa história, com a qual nos parece conveniente terminar essa monografia. A ciência bruta, como já observei,[18] no final das contas se autocorrige e de uma maneira mais sábia, de certo modo, do que os próprios cientistas. No final, ela é capaz de nos levar à verdade, con-

tanto apenas que tenhamos os "olhos para ver". Mas a ciência por si só não é capaz de nos fornecer essa visão; ela, enquanto tal, não pode interpretar suas próprias descobertas - e nem o pode, eu acrescento, a filosofia moderna. O de que precisamos, acredito, é fincar raiz nas doutrinas metafísicas tradicionais da humanidade, naqueles mesmos princípios que foram depreciados desde o

Iluminismo como primitivos, pré-científicos e pueris. Por estranho que pareça para uma mente moderna, esses ensinamentos - tais como a causalidade vertical da qual tratamos neste capítulo - são derivados, em última instância, 'desde cima', desde o centro do círculo, se quisermos. Formulados originalmente na linguagem dos mitos, eles serviram como um catalisador para a visão metafísica por todas as eras; nem Platão, nem Aristóteles, nem Tomás de Aquino inventaram suas próprias doutrinas: todos beberam desta fonte - exceto, é claro, pelos sábios da modernidade, os quais rejeitaram essa herança. Hoje em dia, é certo, sabemos bem a qual destino nos leva a modernidade, pois entramos, afinal de contas, na era cética e desiludida do pós-modernismo. O argumento contra a sabedoria tradicional já atingiu seu limite e o caminho para as fontes perenes se encontra aberto uma vez mais. Chegou o tempo de uma nova interpretação das descobertas científicas baseada nos princípios pré-cartesianos; precisamos de uma mudança radical de perspectiva, de uma autêntica *metanoia.* O que está em jogo é se os pressupostos da ciência conduzirão a uma iluminação do intelecto humano ou ao seu

esgotamento.

APENDICE

1

No caso geral, em que o espaço de Hilbert associado tem dimensão infinita, essa forma de nos expressarmos não é precisa, sendo a diferença, no entanto, irrelevante para o ponto em questão.

2

Um processo estocástico é tal que ambos, aleatoriedade e determinismo, entram cm jogo, como no caso do movimento browniano, no qual a trajetória de uma partícula clássica passa por mudanças repentinas aleatórias devido a colisões ao azar com partículas vizinhas de algum tipo.

3

De Civita Dei, 11.6.

4

A respeito da visão circular ou 'cíclica' do tempo, remeto a Robert Bolton, *The Order of the Ages* (Hillsdale, NY: Sophia Perennis, 2001), cap.5.

5

Paraíso, 29.12.

6

Sobre essa questão, remeto ao meu artigo *"The Enigma of lisital Pcrception", Sophia*, vol.10, no.l (2004), pp.21-45.

7

The Wisdom ojAnaent Cosmology, pp.227-30.

8

Ibid., pp.194-98.

9

Um relato sumário da teoria da do ID pode ser encontrado em *The Wisclom of Ancient Cosmology*, cap.K).

ID, *InteUgent deúgn,* em inglês, tem sido traduzido também como 'desenho inteligente'. No entanto, damos preferência, nesta tradução, ao termo 'desígnio' em lugar de 'desenho', por aquele termo evidenciar de maneira mais incisiva que o último a existência do agente inteligente. (N.T.)

10

CSI, Complex Specified Information, em inglês. (N.T.)

11

Estritamente falando, processos determinísticos e processos aleatórios são casos limites de um processo estocástico.

12

Science and Humanhm (Cambridge: Cambridge University Press, 1951), p. 17.

13

Foi sugerido por Eugene Wigner e alguns outros teóricos da realidade quântica que o colapso do vetor de estado envolve a ‘consciência’ de um observador humano. Essa hipótese pode, a meu ver, ser descartada com segurança: seria superestimar a destreza do físico supormos que ele seja capaz de fazer colapsar um vetor de estado por um ato de sua mente. Sobretudo, uma vez que captarmos o poder explicativo da causação vertical, não há mais necessidade para tal hipótese feita *ad hoc.*

14

Exceção feita ao fenômeno bastante enigmático da ‘não localidade’, mencionado na segunda seção do capítulo 4. Tratei desse assunto desde um ponto de vista tradicional num artigo intitulado “Bell’s Theorem and the Perennial Ontology”; v. *The Wisdom ofAncient Cosmology,* cap.4.

15

Citado em René Ciuénon, *The Reigti ojQuantity* (Hillsdale, NY: Sophia Perennis, 2004), p.27.

16

O livro anteriormente citado de Robert Bolton, intitulado *The Order of thc Ages,* fornece o que deve ser a melhor introdução ao assunto, especialmente os capítulos 9 e 10.

17

F, evidente que a entropia, a qual de fato é uma forma dc ‘desordem’, dificilmente não tem relação alguma com a ‘desordem’ primordial conhecida da tradição como *Chãos.*

18

The Wisdom ofAncient Cosmology, cap.12.

TEORIA QUANTICA:

UMA BREVE INTRODUÇÃO

Dificilmente há um modo melhor de abordar a teoria quântica do que refletirmos a respeito dos resultados do chamado experimento da fenda dupla, algo bastante simples na verdade. Passa-se luz ou outro tipo qualquer de radiação através de duas fendas praticadas numa tela *S* em direção a uma segunda tela ou anteparo *R,* no qual consegue-se gravar ou observar a intensidade da radiação incidente. Por exemplo, podemos usar a luz do sol é observar a distribuição de intensidade resultante em *R* por meios visuais - e, a bem da exatidão histórica, foi dessa forma que o experimento da fenda dupla foi realizado pela primeira vez, em 1803, por um cientista inglês chamado Thomas Young. Agora, como se podia esperar, quando uma fenda está aberta e a outra fechada, obtém-se sobre *R* uma única faixa brilhante, posicionada exatamente atrás da fenda que está aberta.[1]

Por sua vez, quando ambas as fendas se encontram abertas, o resultado que se obtém não são apenas duas faixas brilhantes, cada uma que correspondesse a uma das duas fendas abertas, mas, diferentemente, um padrão de bandas claras e escuras, cujas intensidades vão diminuindo gradativamente à medida que nos afastamos da região exatamente detrás das fendas em qualquer direção sobre *R.* Este é o primeiro resultado experimental e pode

facilmente ser explicado em termos do modelo ondulatório da luz. Considere um ponto *P* sobre o anteparo *R* e denotemos por *A* e por *B* as posições das duas fendas.[2] Obviamente, se os trens de onda emanados de *A* e de *B,* incidentes em *P,* estiverem 'em fase', eles se reforçarão, mas se estiverem 'fora de fase', eles se atenuarão, podendo até se cancelar. Ora, os dois trens de onda estarem em fase ou fora de fase em *P* dependerá das distâncias *AP* e *BP,* e não deve ser difícil perceber

que posições 'em fase' e 'fora de fase' se alternarão à medida que *P* se move pelo anteparo *R.* O resultado são as bandas claras e escuras, o padrão próprio do experimento da fenda dupla.

Devemos ressaltar que este efeito não tem especificamente a ver com a luz, mas que se aplica a todos os tipos de propagação ondulatória. O experimento da fenda dupla poderia, assim, ser igualmente levado a cabo com, por exemplo, ondas na água, as quais também se reforçarão mutuamente quando a crista de uma se encontra com a crista da outra e se cancelarão quando uma crista se encontrar com um vale. No lugar das bandas brilhantes sobre *R,* encontraríamos agora posições em que a água realiza um sobe-e-desce pronunciado e, no lugar das bandas escuras, teríamos posições de relativa calma. Onde quer que tenhamos ondas de qualquer espécie, haverá esses fenômenos chamados di-fração e interferência, resultantes do fato de trens de onda que se cruzam poderem se reforçar ou se cancelar, dependendo das fases relativas.

Existe, no entanto, uma segunda descoberta experimental a ser discutida. Suponha que refinássemos o método do experimento de Young de modo a tornar a detecção da luz sobre *R* mais precisa do que é normalmente possível

por meios visuais. Encontraríamos então que a luz é recebida não continuamente (como requer o modelo ondulatório), mas em unidades discretas. Deste modo, o que se ‘enxerga’ por meio de instrumentos sensíveis o bastante são pequenos flashes de luz, distribuídos ao acaso sobre o anteparo *R,* mas concentrados em regiões que, para o olho humano, parecem-se com bandas claras contínuas. Assim, a situação que surge quando refinamos nossos instrumentos de detecção sugere muito mais que a luz seja uma corrente de partículas, de pequenos ‘projéteis de luz’, do que uma onda continuamente distribuída.

A par disso foi descoberto que as chamadas partículas que constituem os átomos e moléculas (tais como elétrons e prótons) dão igualmente origem a efeitos de interferência. De fato, é possível realizar o experimento de fenda dupla com qualquer dessas chamadas partículas, e em todos os casos encontraremos que a densidade de impactos sobre o anteparo *R* exibirá o padrão de difração característico de uma onda. Fica óbvio que os entes com os quais estamos lidando comportam-se em alguns aspectos como partículas e, em outros, como ondas.

Logo, o que é, por exemplo, um elétron: ele é realmente uma partícula ou de fato uma onda? Obviamente ele não pode ser ambos, pois é impossível que uma coisa esteja localizada dentro de um volume diminuto e ao mesmo tempo esteja espalhada sobre uma vasta região do espaço. Ora, a idéia de que o elétron seja apenas uma onda pode ser descartada imediatamente, pois, se assim fosse, ele evidentemente marcaria o anteparo *R* não apenas num ponto particular *P* (ou em sua vizinhança imediata), mas em todos os pontos onde as amplitudes dos trens de ondas fundidas, emanadas desde *A* e de *B,* não se cancelassem. Mas, como vimos, o elétron na verdade impacta o anteparo

R numa posição particular, ponto no qual ele transmite todo o seu momento linear (ou energia cinética) de uma vez só.

Um elétron, portanto, definitivamente não é uma onda. Então, em que pese ele dar origem a efeitos de difra-ção, ele não poderia ser tratado como uma partícula? Consideremos a questão. Por simplicidade (e também antecipando a hipótese concebível de que o fenômeno da difração pudesse se dever a 'efeitos coletivos'), vamos supor que o feixe de elétrons tenha sido tornado tão rarefeito ao ponto de somente um elétron de cada vez passar pela tela *S* (uma condição que pode ser efetivamente realizada na prática). Agora, se a fenda *A* estiver aberta e a fenda *B* fechada, cada elétron que passar por *A* impactará o anteparo *R* dentro de uma estreita banda detrás de *A,* e teremos um caso similar se *B* estiver aberta e *A* fechada.[3] No caso de ambas as fendas estarem abertas, por outro lado, encontramos, uma vez mais, que surgem bandas de interferência. Salientemos que essa interferência ocorre não importando se os elétrons são feitos passar pela tela *S* num feixe denso (digamos com IO^{24} elétrons por segundo) ou um por vez (digamos um por hora), como supusemos.

Alguma coisa muito estranha obviamente está ocorrendo, pois se um elétron é de fato uma partícula ele deve passar ou por *A* ou por *B;* em passando por *A* ele deverá im-pactar a banda detrás de *A,* e em passando por *B,* então impactar a banda detrás de *B. A* distribuição de impactos eletrônicos quando ambas as fendas estão abertas teria assim que ser a soma das respectivas distribuições associadas à situação em que uma das fendas estivesse fechada, o que significa dizer que o resultado deveria consistir das duas bandas mencionadas acima. Isso é o que ocorreria, logicamente, se estivéssemos lançando projéteis ordinários ao invés de elétrons. Mas o fato é que isso não é verdade![1] Em vez do

esperado par de bandas encontramos uma seqüência indefinida de linhas que se espalham em ambas as direções a partir das fendas. Parece então que, muito embora o elétron passe, supostamente, por apenas uma das fendas *A* ou *B* (mas não pelas duas!), seu comportamento é afetado pelo estado da outra fenda, pelo fato desta outra fenda estar aberta ou fechada. Mas como o elétron 'sabe' se a outra fenda está aberta ou não? Quais os meios pelos quais ele sonda o espaço ao redor?

Fica evidente que um elétron não pode ser apenas uma partícula ordinária, uma partícula 'clássica'. No melhor dos casos, ele poderia ser uma tal partícula 'mais' alguma outra coisa, algo que seja *não* localizado. Poderia ser ele, então, uma partícula mais uma onda? De fato essa idéia já foi pro- [4]

posta e desenvolvida com algum sucesso, sem, contudo, que a hipótese de uma 'onda piloto' tivesse trazido grandes contribuições ao nosso entendimento. Ainda mais, em virtude das propriedades estranhíssimas que essas chamadas ondas teriam que ter, o quadro resultante está, de qualquer modo, longe de ser 'clássico'.

A conclusão final é que essa 'estranheza quântica' não pode ser explicada por - nem ser a explicação de - nenhum *tour de force* clássico. Os próprios resultados, mesmo o do nosso humilde experimento da fenda dupla, já desafiam explicações desse tipo. O que aparece de novo é a compreensão de que as chamadas partículas fundamentais da natureza não são na verdade nem partículas nem ondas em sentido estrito, nem mesmo são entes de tipo mais complexo que ainda pudessem ser concebidos em termos da física clássica. Precisamos é de uma reformulação das bases próprias da física, de um novo formalismo que rompa radicalmente com o anterior. Sobretudo, precisamos de um

formalismo que distinga categoricamente entre um ente ou sistema quânti-co enquanto tal (um elétron, por exemplo) e seus vários observáveis (tais como posição, momento, etc.). Podemos dizer que o problema com a física clássica é que ela concebe os entes em termos de seus observáveis, conferindo assim ‘con-creção’ ao que na natureza ainda não a possui. Ela dá por certo que um elétron deva ter, por exemplo, uma posição bem definida e um momento bem definido a todo instante, não importando se essa posição e esse momento tenham sido

\

averiguados por uma medição ou não. Mas, como podemos saber disso? Ainda mais: será necessário supor que a natureza, em todas as suas operações, seja compelida a agir desse modo?

Ora, o ponto principal talvez nem seja tanto que as descrições ‘concretas’ ou clássicas’ acerca da realidade devam ser abandonadas, mas sim a constatação de que elas *podem* ser, sem que isso coloque um fim à investigação física. O que se abre diante de nós é a possibilidade de fazermos boa física num formalismo que faça distinção categórica entre o sistema físico tomado em si e seus observáveis, um formalismo, podemos dizer, baseado numa concepção ‘abstrata’ da realidade física.

Reparemos que o passo decisivo foi dado em 1925 por Werner Heisenberg, então com 24 anos, ao se deparar com uma maneira inteiramente nova de representar os sistemas físicos. No que se pode chamar de um golpe de gênio, o jovem Heisenberg concebeu a idéia de representar os sistemas quânticos por um elemento ou vetor pertencente ao que os matemáticos costumam chamar de espaço de Hilbert, a saber, uma estrutura matemática que

surge no estudo de certos tipos de equações e que já era bem compreendida à época. Heisenberg, quando de sua descoberta decisiva, ignorava totalmente esse desenvolvimento matemático; assim, na verdade, ele reinventou a idéia de espaço de Hilbert. Dentro de curto espaço de tempo, entretanto, a teoria matemática existente foi posta a serviço da mecânica quântica e a nova

física recebeu assim uma fundamentação matemática sólida e coerente.

0 que me proponho fazer nesta 'breve introdução' é, primeiramente, explicar ao leitor em geral que tipo de coisa constitui um espaço de Hilbert, e então indicar como ele é empregado na teoria quântica. Para manter a exposição no nível menos técnico possível, enfocarei apenas espaços de dimensão finita. Minha intenção é apresentar os fatos básicos da maneira mais simples possível, relegando a segundo plano tudo que possa obscurecer as idéias principais dessa introdução, deste primeiro olhar.

1. Espaços de Hilbert de dimensão finita

Tomemos como ponto de partida o plano euclidiano familiar, ou seja, o plano no qual as noções de distância e ângulo são usualmente fixadas. Escolhamos um ponto *O* neste plano e, feito disso, referir-nos-emos a pontos neste plano como vetores. Qual a diferença, então, entre um vetor e um simples ponto? Pode parecer, à primeira vista, que os dois sejam exatamente a mesma coisa! A diferença, no entanto, é a seguinte: tendo escolhido um ponto de referência, chamado origem O, pode-se definir três operações algébricas básicas que dependem desta escolha. A primeira é chamada adi-

\

ção vetorial: dois pontos (chamados agora ‘vetores’) podem ser adicionados de modo a produzirem um terceiro vetor. A próxima operação é chamada de multiplicação escalar: um vetor pode ser ‘multiplicado’ por um número ordinário (os chamados números reais[5]) de modo a produzir um segundo vetor. A terceira e última operação é chamada de ‘produto interno’: dois vetores podem ser ‘multiplicados’ de modo a produzirem um número (real). Esse conjunto dado de vetores, providos com as duas primeiras operações, constitui um exemplo do que se chama espaço vetorial. Por sua vez, se estiver provido das três operações, ele torna-se mais do que apenas um espaço vetorial: ele é agora um (bem pequeno!) espaço de Hilbert.

Indiquemos, em primeiro lugar, como é definida a adição vetorial (dado um ponto *O* de referência!). Sendo *P* um ponto do plano, será conveniente designar o vetor correspondente pela notação *OP*, certamente familiar a muitos leitores. Como definiremos então a soma de dois vetores, digamos *OP* e *OQ* ? São-nos dados três pontos (O, *P* e *Q),* e precisamos encontrar um quarto ponto *R* que seja determinado de um certo modo pelos outros três. Ora, uma escolha natural seria o ponto *R* para o qual *OPRQ* formasse um pa-ralelogramo, pois, em virtude da estrutura geométrica do plano (nesse caso a noção de paralelismo), o ponto *R* é univo-camente determinado por *O, P* e *Q.*[6] Uma vez determinado *R,* temos agora que a adição de vetores é dada pela fórmula:

$\tilde{O}P + \tilde{O}Q = \tilde{O}R$

Esse é o nosso resultado: definimos a adição vetorial pela chamada regra do paralelogramo.

A próxima é a multiplicação escalar. Como podemos defini-la? Também aqui entra em jogo uma noção geométrica, a

noção de distância. Dados dois pontos *P* e *Q,* denotaremos a distância entre eles por |PQ|. Seja agora OPum vetor arbitrário e a um número real. Vamos supor, em primeiro lugar, que a seja positivo. Gostaríamos que a multiplicação escalar de *OP* por a multiplicasse a distância *OP* pelo número a, porém mantendo ao mesmo tempo inalterada a direção da linha *OP.* Com essa finalidade, observemos que existe um único ponto *R* sobre a linha *OP* que satisfaz a:

$a|OP|=|OR|$

tal que O, além disso, não se encontre entre *R* e *P.* Para valores positivos de a, temos então liberdade de definir o produto escalar pela fórmula:

$aOP = OR$

Quando a é negativo, por sua vez, podemos primeiro multiplicar *OP* por - a (operação esta que já se encontra definida), e depois reverter o sentido do vetor resultante OR (o que agora coloca *O* entre os pontos *P* e *R).* Finalmente, quando a é nulo, tomaremos *R* como sendo *O.* Dessa maneira definimos o produto escalar.

A definição da terceira operação algébrica (o produto interno) depende da noção geométrica de ângulo e talvez assuste o leitor por ser um pouco mais elaborada. Basta dizer que esse produto será designado pela notação (*OP, OQ*) e será definido pela fórmula:

$(pP, \tilde{O}Q) = |OP|\,|OQ| \cos 0$

onde 0 representa o ângulo entre as retas *OP e OQ. O* leitor deverá notar que o lado direito da fórmula representa - como, aliás, deveria- um número real determinado pelos vetores *ÕP* e *OQ.*

Todas as três operações algébricas foram já especificadas e como se poderia esperar, elas acabam por satisfazer algumas regras algébricas bastante simples - as regras em termos das quais se define axiomaticamente o espaço de Hilbert.[7] Por exemplo, a adição de vetores é comutativa, o que significa que a ordem em que dois vetores são adicionados é irrelevante. Esta propriedade algébrica, aliás, é óbvia a partir da regra do paralelogramo. Menos óbvio, por sua vez, é o fato de que a adição de vetores seja associativa: se somarmos três vetores, não importa quais dois escolhemos para somar primeiro. Outra bela propriedade (e pouco óbvia) é que a multiplicação escalar é distributiva com relação à adição de vetores, ou seja, a seguinte fórmula tem validade geral:

a *pP + ÕQ) = aÕP + aÕQ*

De modo *a* não deixar de fora o produto escalar, mencionemos, finalmente, que ele é bi-linear, o que significa que:

(í*xÕP,ÕQ) = a (ÕP,ÕQ)*

(ÕP + ÕQ, ÕR } = (ÕP, OR) + *lÇQ, ÕR)* acrescido de duas propriedades similares com os membros direito e esquerdo inter-cambiados.

Duas observações agora precisam ser feitas. Primeiramente, podemos calcular (ou definir, se quisermos) o ‘comprimento’ de um vetor, em termos do produto interno, pela fórmula: *|OP|-j{OP,OP).*

Enfim, faz sentido dizer que dois vetores sejam perpendiculares (ou ‘ortogonais’, como preferem os matemáticos) no caso de seu produto interno resultar nulo. O leitor deve notar que dois vetores não nulos *OP* e *OQ* são

ortogonais (no sentido aqui definido) se e somente se as retas OP e OQ forem perpendiculares.

Estamos agora em posição de exibir a fórmula que desempenha um papel fundamental na teoria quântica. Sejam OX_x e OX_2 dois vetores de comprimento unitário e ortogonais entre si, e seja OFum vetor arbitrário. Aplicando as leis algébricas às quais aludi acima e fazendo uso de propriedades elementares do plano, não é difícil mostrar que:

(1) OP= a, $OX_x + a_2\ OX_2$

onde a, = $(OP,OX_}$ ^ e $a_2 = (OP,OX_2|$. O significado geométrico dessa fórmula fica evidente assim que reconhecemos que os dois termos do membro direito da equação (1) correspondem a projeções perpendiculares do ponto P sobre as retas $OX_}$ e OX_2, respectivamente. Ou, em outras palavras: eles representam dois lados de um paralelogramo (na verdade um retângulo), do qual OP é uma diagonal.

Os dois vetores unitários perpendiculares entre si OX, e OX_2 são ditos constituir uma base ortonormal para nosso espaço de Hilbert. Deve-se observar agora que se tivéssemos começado não com o plano euclidiano, mas com todo o espaço euclidiano tri-dimensional, poderiamos ter definido cada uma das três operações algébricas exatamente como fizemos, e essas operações satisfariam certamente as mesmas regras algébricas. No entanto, a fórmula (1) não mais vale-ria. Em vez de dois vetores unitários ortogonais entre si, precisaríamos agora de três (os quais outra vez seriam chamados de base ortonormal). Obteríamos assim:

(2) $OP = a_1 OX_1 + a_2 OX_2 + a_3 OX_3$

onde <x = $(OP, OX_j$ ^ para i = 1, 2, 3.

Vemos por esses dois exemplos que uma base ortonormal é caracterizada não apenas pela condição de que os vetores dados sejam mutuamente ortogonais e de comprimento unitário, mas também pelo fato de que o conjunto é 'máximo' no sentido de ser impossível adicionarmos um outro vetor unitário ao conjunto que seja também ortogonal a cada um dos anteriores. Com esse entendimento, pode-se mostrar que quaisquer duas bases ortonormais de um dado espaço de Hilbert devem conter o mesmo número de vetores e que esse número define a *dimensão* de tal espaço.

O que foi mostrado até aqui são os espaços de Hilbert de dimensões 2 e 3, respectivamente. E fácil ver que é possível construírem-se espaços de Hilbert de dimensão *n* para qualquer número inteiro positivo *n.* É verdade, sem dúvida, que para $n > 3$ não somos mais capazes de visualizar concretamente esses espaços vetoriais de modo geométrico, mas, ainda assim, todas as regras familiares continuam aplicáveis. Na verdade, trabalhar nesses espaços de dimensão mais alta chega a ser tão fácil quanto nos exemplos bi e tridimensionais. Mal precisamos salientar que, numa dimensão *n,* as equações (1) e (2) assumiriam a forma:

(3) $OP = a_x OX_1 + a_2 OX_2 + \ldots + a_n OX_n$

onde $a_i = (OP, OX_i$ ^ para i = **1, 2,...,** n.

No entanto, por maior que seja o *n* que tomemos, ocorre que esses espaços de Hilbert de *n* dimensões são ainda assim restritos demais para a maioria das aplicações em teoria quântica. Precisamos, então, de espaços de

Hilbert de ‘infinitas dimensões’, claro que admitindo ser impossível descrevê-los em termos compreensíveis para leitores sem o treino matemático suficiente. Mas tampouco é necessário que o façamos, pois as principais idéias da teoria quântica podem ser explicadas muito bem tomando um caso de dimensão finita. O fato de a coisa ficar bastante mais complicada no caso de infinitas dimensões nada altera a descrição em sua base. Pelo contrário! As complexidades da teoria dos espaços de Hilbert (por exemplo, o reconhecido teorema da decomposição espectral para operadores hermitianos) justamente nos mostram que a descrição básica pode ser levada em sua essência para o caso de dimensão infinita.

Vamos apresentar nesta introdução a estrutura matemática da teoria quântica de maneira simplificada, enquadrada nos moldes de um número finito de dimensões.

2. Números complexos

Os espaços de Hilbert considerados até aqui eram espaços de Hilbert reais, significando isto que os ‘números’ (chamados escalares) envolvidos na multiplicação escalar e no produto interno eram números reais. Acontece, porém, que a teoria quântica demanda espaços de Hilbert complexos, espaços nos quais os escalarçs sejam números complexos. Formalmente tudo permanece igual. Teremos, também aqui, as três operações algébricas, satisfazendo ainda as mesmas regras que antes. Apenas que o conceito de número subjacente tem de ser estendido do campo real para o campo complexo, como se costuma chamar este tipo de estrutura algébrica.

Paul Dirac (um dos fundadores da teoria quântica) apontou uma vez que “Deus usou de uma bela matemática ao criar este mundo.” Isso poderia explicar o surgimento

de números complexos na física já que, como bem sabe todo matemático, a análise matemática chega à sua perfeição no domínio dos números complexos.

O que é, então, um número complexo? Em certos li-vros-texto, aprende-se que ele é um número da forma x + *iy,* onde *x* e *y* são números reais e diz-se que *i* é 'a raiz quadrada de -*T.* Mas, se é esse o caso, como podemos saber que -*1* tem uma raiz quadrada e, mais ainda, que esse 'número imaginário' *i* pode ser multiplicado por um número real *y* e que o resultado pode ser somado a outro número real x? Certamente a expressão *x + iy* não é uma definição, mas tão-somente uma notação. No entanto, ela é útil, pois a própria notação sugere que esses 'números' podem ser somados e multiplicados de acordo com as regras:

(4) $(x + iy) + (x' + iy') = (x + x') + i(y + y')$

(5) $(x + iy)(x' + iy') = (xx' - yy') + i(xy + yx')$

Podemos verificar facilmente que esta adição e esta multiplicação satisfazem a todas as condições usuais, ou seja, que esses 'números' (se é que existem!) constituem um campo. Visto que todo número real x é também um número complexo (para o qual $y = 0$), vemos, ademais, que este campo se 'estende' para o campo dos números reais.

Mas, persiste a questão: o que é um número complexo? Ora, a maneira mais simples e mais natural de responder é a seguinte: um número complexo é um par ordenado (x,y) de números reais, com a condição de que a adição e a multiplicação são definidas por fórmulas análogas a (4) e (5); isto é:

$$(x, y) + (x', y') = (x + x', y + y')$$

$$(x, y)(x', y') = (xx' - yy', xy' + yx')$$

Primeiramente, observemos mais uma vez que os números reais podem ser encarados como um caso especial de números complexos (ao ‘identificarmos’ x com o par *(x,0)),* e que a presente definição de números complexos resolve de uma vez o enigma do *i,* a raiz quadrada ‘imaginária’ de *-1.* Isso porque a regra acima para a multiplicação fornece imediatamente que:

(0,1**)(**0,1**) = (-** 1**,**0**)**

a qual mostra que *i* nada mais é do que o número complexo *(0,1).* Além disso, vemos que pode ser bastante enganoso falarmos de números ‘reais’ e ‘imaginários’, uma vez que o par *(0,1)* nada tem de mais ‘imaginário’ nem de menos ‘real’ do que o par *(1,0).*

De passagem, menciono que números complexos podem prontamente ser representados por vetores num espaço bi-dimensional, o que significa dizer que podemos pensar nos números complexos como pontos num plano - o chamado plano complexo. Para consultas futuras, mencionemos também que cada número complexo possui um chamado valor absoluto (sua distância, no plano complexo, até a origem),[8] dado pela fórmula:

$|(x,y)|=\sqrt{x^2 + y^2}$

Os números complexos de valor absoluto igual a *1* formam, assim, um círculo no plano complexo. Podemos, pois, coordenatizar esses números através de um ângulo, digamos 0, ângulo esse medido no sentido anti-horário e subentendido entre a reta que liga a origem ao ponto de coordenadas *(x,y)* e a reta horizontal que consiste dos números reais positivos. Faço notar, também para uso futuro, que o número complexo correspondente ao ângulo 0 no círculo unitário (para o qual usaremos como unidade de

medida, não os graus, mas os chamados radianos) também pode ser denotado por e‘°. Não precisamos nos ocupar do fato de que e'°é na verdade o número real *e* (base dos logaritmos naturais) elevado à potência ‘imaginária’ i0.

3. Vetores de Estado e Observáveis

A cada sistema físico concebido quanticamente existe associado um espaço de Hilbert complexo, cujos vetores não nulos correspondem aos estados do sistema físico. Referimo-nos a esses vetores como vetores de estado e, seguindo a notação de Dirac, eles são geralmente denotados por uma letra grega com uma barra vertical à esquerda e um sinal de ‘maior que’ à direita. O produto interno entre *\y/)* e |, por exemplo, será escrito como *(y \ %).*

Sejam agora | i/'} e | *%)* dois vetores de estado, e sejam a e 6 números complexos. A soma ponderada *a* | •//) + /? | *x)* é, portanto, outro vetor no espaço de Hilbert. Mas lembremos que vetores não nulos correspondem a estados físicos do sistema! A soma ponderada complexa *a \ y/) + P \x)* possui, portanto, um significado físico (desde que não seja nula): ela representa um possível estado do sistema. Esse fato notável, que não apresenta análogo na física clássica, é conhecido como o princípio de superposição.

Devemos mencionar em seguida que a multiplicação de um vetor de estado por um número complexo não nulo não altera o estado físico correspondente, significando com isso que estados físicos correspondem, não a vetores de estado individuais, mas ao que se poderia chamar de reta complexa passando pela origem do espaço vetorial.

Consideremos a seguir um observável do sistema físi-\

co, isto é, uma quantidade que em princípio pode ser conhecida através de um ato de medição. O resultado de uma medição depende, sem dúvida, do estado do sistema. Precisamos, no entanto, distinguir entre dois casos. Existem, em primeiro lugar, estados para os quais as respostas estão determinadas com certeza, e esses são chamados auto-estados do observável em questão. Entretanto, em geral o valor do observável não será determinado com certeza, o que significa dizer que quando ocorre de o sistema não estar num auto-estado, uma medição pode em princípio fornecer qualquer um de uma gama de possíveis valores. Além disso, os valores possíveis de um observável são chamados autovalores; finalmente, vetores de estado correspondentes a um autoes-tado são chamados autovetores.

Chegamos agora a um fato crucial: autovetores que correspondam a diferentes autovalores serão ortogonais. Isso implica, em particular, que se o observável puder assumir *n* valores distintos e se a cada um destes corresponder um autoestado, então o espaço de Hilbert deverá possuir dimensão no mínimo igual a *n.* Pelo mesmo motivo, se o numero de autovalores distintos for infinito e se a cada um corresponder um autoestado, então a dimensão do espaço de Hilbert deverá ser infinita.

Por simplicidade, vamos supor daqui para frente que o espaço de Hilbert possua dimensão finita, digamos, igual a *n.* Segue-se, então, de um teorema matemático, que todo observável admite uma base ortonormal de autovetores.

Escolhamos, portanto, um observável, de tal modo que *W\)* |i//$_2$)|i//,$_;$) denotem essa base ortonormal. Todos os vetores de estado | *X*) poderão então ser representados como uma soma ponderada complexa dos autovetores acima. De maneira precisa, a equação (3) fornece:

1

As coisas se passarão assim desde que a largura da fenda seja grande em comparação com o comprimento de onda da luz, ou melhor, que os comprimentos de onda dentro da região visível do espectro.

2

Por simplicidade, vamos supor que a largura das fendas, apesar de grande em comparação com o comprimento de onda da luz utilizada, seja ainda pequena o bastante de modo a podermos desprezá-la nos cálculos dos efeitos de interferência.

3

Devemos usar fendas cujas larguras sejam grandes comparadas com o chamado comprimento de onda de de Broglic do elétron, isto é, a razão *h/p,* em que *h é.* a constante de Planck e p o momento linear do elétron. De outra forma, efeitos de difração devidos a uma única fenda entrariam em jogo.

4

De acordo com a teoria quântica, efeitos correspondentes de difração aparecem mesmo no caso de ‘grandes’ objetos, tais como projéteis ou bolas de *baseball.* Apenas que, para esses objetos, os efeitos em questão são praticamente inobserváveis devido ao comprimento de onda de de Broglie ser excessivamente pequeno.

5

Um número real é aquele que pode ser expresso na notação decimal usual, lile, portanto, é um inteiro (positivo, negativo ou zero), acrescido de um número da forma x x,jí.$_4$., onde os x.’s são ‘algarismos’ do conjunto 0, 1, 2,.., 9. Tal expressão representa na verdade uma série infinita que converge para um número real entre 0 e 1. Além dos inteiros e das frações inteiras, os números reais ainda incluem os números chamados irracionais, tais como V2 e 7t.

6

Estamos supondo que os pontos O, *P cQ* não sejam colineares. () próprio leitor descobrirá o que deve ser feito no caso colinear.

7

O que fizemos foi traduzir operações geométricas para operações algébricas.

A estrutura algébrica de nosso espaço de Hilbert ‘reflete[7] a estrutura do plano euclidiano.

8

‘Valor absoluto’ também é chamado, no ensino secundário brasileiro - aliás, muito mais comumente- de ‘módulo’.

U)=«i \y/$_1$) + a_2\y/$_2$)+... + a„|y/„)

onde a. =(% |t//,) para i = 1, 2, ..., n. A questão agora.é se esses coeficientes $a_{1;}$ a_2,..., a_n (os quais descrevem a posição do vetor de estado em relação aos autovetores dados) contêm informação física de algum tipo. No entanto, como um vetor de estado | *X*) pode ser multiplicado por um número complexo não nulo sem alterar o estado correspondente, vemos que os ct.'s somente são definidos a menos de um múltiplo não nulo. Para remediar esta falta de determinação, podemos 'normalizar' o vetor de estado *x*) dividindo-o por seu comprimento. Os a.'s resultantes serão então determinados uni-vocamente, exceto por múltiplos complexos cujo valor absoluto vale *1,* e ainda satisfarão a condição:

(6) |a,j +\a_2\| +... + |a_n| =1

Qual é, então, o seu significado físico? É o seguinte: o quadrado do valor absoluto de a. - o qual está agora determinado univocamente - é igual precisamente à probabilidade de uma medição do observável em questão fornecer o au-tovalor À associado ao autovetor $I^1/^7$;) .[1] A probabilidade *p* de obtermos o valor *X.* vem dada, consequentemente, pela fórmula:

IdlvQf [1] {*x**x)*

Deve-se notar antes de mais nada que, por causa da equação (6) a soma dessas probabilidades é igual a *1,* como aliás deveria. Suponhamos agora que 1*1)* seja um autovetor do observável. Em termos concretos, suponhamos que seja !<///,). Segue-se, assim, que a, = 1, e que todos os a.'s restantes são nulos. Mas isso significa que

uma medição daquele observável fornecerá o autovalor $À_1$ com probabilidade igual a *1,* isto é, com certeza. Recobramos assim o que dissemos acima a respeito do resultado de uma medição realizada quando um sistema se encontra num autoestado.

Em geral, no entanto, o sistema estará numa superposição de autoestados, caso no qual o estado determina não o real resultado da medição, mas apenas a probabilidade associada às possíveis respostas. Desde 1925 se tem debatido se essa 'indeterminação' é devida a limitações da teoria quântica, ou se, de fato, "Deus joga dados", para colocarmos nas famosas palavras de Einstein.

4. O Princípio de Incerteza de Heisenberg

Pelo menos algumas palavras devem ser ditas a respeito do conhecido princípio de incerteza de Heisenberg. Dados dois observáveis *Pe Q* precisamos saber se os valores de ambos podem ser determinados com certeza ao mesmo tempo. Pelo que já se disse, vê-se que para que isso ocorra, o sistema deveria estar em um autoestado de *P* que fosse também autoestado de *Q.* Em geral, no entanto, um autovetor |j)de *Q* será uma soma ponderada de autovetores 1^,) ,..., $\backslash yj/_n)$ pertencentes a *P,* os coeficientes dos quais serão simplesmente os produtos internos $(x\backslash y'/_1)$ ■ Isso significa que se ocorrer de nosso sistema estar num autoestado correspondente a | *x),* uma medição de "*P* pode em princípio fornecer qualquer valor *X.* de *P,* com a única condição que o produto $(x\,|v'/,)$ seja não nulo. O fato mesmo que o valor de *Q* esteja determinado com uma certeza de 100% implica, à luz dessas considerações, que o valor de *P* esteja indeterminado.

E claro que, em geral, o sistema estará num estado que não é autoestado nem de *P* nem de *Q,* o que equivale a dizer que ambos os observáveis estarão indeterminados. Existe, contudo, uma medida matemática de indetermina-ções (chamada desvio padrão) em termos da qual é possível estabelecer uma relação entre essas duas 'incertezas'. Esta relação toma a forma:

(7) APAQ > *{P, Q}* em que AP e AQ denotam os desvios padrão de *P* e de Q, respectivamente, e {P,Q} denota um determinado número não negativo dependente de *P* e de Q. A fórmula (7) expressa a chamada relação de incerteza generalizada. Ela afirma que, não importando em qual estado esteja o sistema, o produto de duas 'incertezas' nunca pode ser menor que {P,Q}.[2] Agora, o princípio de incerteza de Heisenberg propriamente dito corresponde ao caso especial em que Q representa a posição e *P* a coordenada do momento linear correspondente à partícula ou, de modo mais geral, o caso em que Q e *P* são chamados observáveis conjugados, caso no qual a relação (7) se reduz a

APAQ £

2 *n*

onde *h* é a constante de Planck.

Tudo isso, no entanto, é de pouco interesse imediato para nós. O que importa para o propósito desta introdução superficial é o simples reconhecimento que um sistema quântico jamais pode estar num estado para o qual os valores de todos os observáveis estejam determinados com certeza. Esse fato decorre da própria estrutura da teoria quânti-ca, ou seja, dos princípios básicos enunciados na seção precedente.

5. A Equação de Schrõdinger

O estado de um sistema físico está obviamente sujeito a mudanças. Os vetores de estado, por conseguinte, devem em geral depender da coordenada temporal í, e, quando necessário, indicaremos esta dependência funcional pela notação *\y(t)).* A questão agora é sabermos se é possível prever os valores futuros |t/'(0)de um vetor de estado sabendo-se de antemão um valor inicial *\v(t„)}.* Para que este seja o caso, com certeza é necessário fazermos hipóteses apropriadas a respeito da ação de forças externas sôbre o sistema físico em questão. Supõe-se que essas forças sejam, segundo o jargão técnico, conservativas, ou seja, que elas são derivadas de algo chamado potencial; daqui em diante vamos supor que essa condição será satisfeita. Existirá, então, uma equação que nos permita calcular os valores futuros de um dado vetor de estado?

Tal equação foi descoberta em 1926, pelo físico austríaco Erwin Schrõdinger. Ela afirma, em primeiro lugar, que todos os vetores de estado evoluem no tempo linearmente. Isso significa que se uma relação entre vetores de estado, como a que vem a seguir

U) = «| *\Vi)+a$_2$\v$_2$)*

(com determinados coeficientes complexos cq e a J, for válida em algum instante de tempo t_0, ela continuará válida para todo $t > t$.

Vamos uma vez mais supor que estejamos trabalhando num espaço de Hilbert com *n* dimensões, e que

formem um conjunto de vetores de estado que constitui para $t - t$, uma base ortonormal. Para $t = t_{fi}$, um vetor de estado | *X*) pode então ser representado na forma

I *x(Q)* = «i | </h 0„))+«21 w_2 *0»*))+-+«„))

Pela linearidade da evolução de Schrõdinger, no entanto, isso implica que

(**8**) *\%(.t))=a_1\y/$_l$(t)) + a_2\y/$_2$(t)) + ... + a_n\y/$_n$(t))* seja válida para todo *t* > £ .

Mas a equação de Schrõdinger nos possibilita calcular a evolução de um vetor de estado arbitrário | *X)* — uma vez que saibamos a evolução de Schrõdinger daquela base! Obviamente isso leva à questão de se podemos encontrar uma base especial para a qual a evolução de Schrõdinger assuma uma forma particularmente simples, uma forma que possa ser facilmente conhecida.

O fato crucial é que ocorre de os autoestados da energia total (a qual é sempre um observável do sistema) serem estados estacionários, isto é, estados que não possuem qualquer variação temporal. Todavia, o fato de os autoestados da energia serem estacionários não implica que os autovetores de energia serão constantes, pois, se assim fosse, isso implicaria, em virtude da equação (8), que todos os outros vetores de estado fossem também constantes! O detalhe é que vetores de estado podem ser multiplicados por um número complexo não nulo sem que isso altere o estado correspondente. A evolução de Schrõdinger de um autovetor de energia deve assim ser dada por um fator complexo, uma determinada função complexa do tempo. Qual, então, é esta função? Ela vem a ser dada por

(9) *e* -

211/E/

h

onde *E* representa o autovalor dado da energia e *h* é a constante de Planck. A função acima representa um vetor de comprimento unitário no plano complexo, o qual, ademais, gira no sentido anti-horário com frequência *E/h.* Autovetores de energia, portanto, perfazem um movimento rotatório incessante, a frequência do qual é proporcional à energia correspondente.

Suponhamos agora que nossa base ortonormal consista de fato de autovetores de energia. A evolução de Schrõdinger desta base vem então dada pelas equações

. 2 TCÍE T .

(10) i_V *[t))=e*---(//, (/„))

h

para j = **1, 2,...,** n, onde i? denota o autovalor de energia cor-

respondente ao autovetor

$|\psi_i(t)\rangle$.

Ao substituirmos estas

expressões na equação (8), obtemos uma fórmula para a evo

lução temporal de | *X)* ■

Essa equação mostra |^)como uma superposição de

oscilações simples, numa analogia com a representação de um tom musical qualquer em função de tons puros. Deve-

se. contudo, notar que a Vibração’ ou ‘movimento ondulatório descrito pela equação (10) pertence necessariamente a um nível sub-empírico (se é que constitui um processo real) Isso, pois os vetores de estado constituintes |i/,/¸(/))pertencem ao mesmo estado físico sendo, portanto, indistinguíveis por meios empíricos. Porém, em que pese o fator (9) não ser observável, ele determina mesmo assim a evolução de Schrõdinger de todos os vetores de estado no espaço de Hilbert. Ademais, todos os efeitos de interferência da teoria quântica dependem desta misteriosa oscilação complexa, deste chamado fator de fase, o qual controla tudo, mas escapa ele mesmo ao exame.

6. A Evolução de Schrõdinger e o Colapso do Vetor de Estado

Um dos aspectos básicos da física clássica é que o estado inicial de um sistema físico determina os futuros estados, com a única condição de que conheçamos de antemão as forças externas que atuam sobre o sistema.[11] Um universo governado pelas leis da física clássica seria, portanto, determi-nístico: o curso de toda sua evolução até seus mínimos detalhes estaria univocamente determinado a partir do primeiro instante de sua existência. Contudo, não deveriamos nos mostrar ingenuamente surpresos ao descobrir que as coisas não são assim tão simples no caso da teoria quântica.

Existe, primeiro que tudo, a equação de Schrõdinger, a qual nos possibilita prever os futuros estados de um sistema quântico a partir de um dado estado inicial. E poderiamos acrescentar que Schrõdinger chegou à sua equação por meio da física clássica, firme na convicção de que o determinismo familiar poderia ser levado ao domínio quântico. E quase pode mesmo! Na maior parte do tempo

os vetores de estado realmente percorrem uma trajetória contínua sobre o [3] espaço de Hilbert, como exige a equação de Schrõdinger. Acontece, porém, dessa evolução contínua e previsível ser interrompida ocasionalmente por certos eventos especiais, os quais podem causar uma alteração abrupta e imprevisível no vetor de estado: diz-se, então, que o vetor de estado salta'. O que causa esses saltos repentinos? Nada mais que o ato de medição, a efetiva determinação experimental de algum dado observável. Visivelmente é a intervenção do processo experimental que causa o salto do sistema físico, que o faz mudar instantaneamente de um estado para outro sem que atravesse uma cadeia contínua de estados intermediários - o que, igualmente, respeitaria a evolução normal da equação de Schrõdinger.

Suponhamos que sejam dados um sistema físico e um observável deste. Por simplicidade, consideraremos apenas o que se chamam experimentos de primeiro tipo, que são experimentos para os quais o observável em questão assume seu valor medido ao término da medição.[111] Ora, se uma medição fornece o autovalor À (através de um experimento do primeiro tipo), sabemos então que o observável possui o va- [4] lor À ao término da medição, o que significa dizer que o sis tema está, naquele instante, num autoestado correspondeu te ao autovalor X. Anteriormente à medição, por outro lado. o sistema terá estado, em geral, em alguma superposição de autoestados. Concluímos assim que o vetor de estado passou por uma alteração descontínua, o que se chama colapso. Pelo ato da medição, o sistema foi, digamos, lançado para um autoestado daquele observável. Não se pode prever qual será esse autoestado, já que, como vimos, a teoria quántica somente pode fornecer probabilidades a esse respeito. Em ge ral, portanto, o ato de medição dá origem a uma descont

i nuidade imprevisível que interrompe a evolução de Schrõdinger determinística do vetor de estado.

Ninguém parece entender por que as interações singu lares que chamamos medições possuem este efeito notável O que exata mente diferencia uma medição de qualquer ou tro tipo de interação? Ou, ainda: por que os vetores de estado colapsam? E. sobretudo' será que o chamado colapso provoca uma indetermmação efetiva nas operações na natureza? Como sabemos, essas questões foram atacadas e debatidas vigorosamente desde que a teoria quantica veio à luz, mas, até agora pelo menos, parece que nenhuma resposta defini tiva foi ^ncontrada. Uma grande parte dos físicos, enquanto isso, parecem se dar por satisfeitos ao considerar a dualidade da evolução de Schrõdinger e do colapso do vetor de esta do como um simples um fato da vida; é algo o qual, por força das circunstâncias, o físico profissional aprende a aceitar sem muitas perguntas.

7. A Função de Onda de uma Partícula

Vamos novamente supor que estejamos trabalhando

num espaço de Hilbert n-dimensional, e que |$^{|}$/$^{/}$i), *tyi)*.....

constituam uma base ortonormal de autovetores pertencentes a algum observável do sistema físico. Pelo fato de um vetor de estado arbitrário *\%)* poder ser escrito como uma soma ponderada dos autovetores acima, cujos coeficientes valem *a*$_{:}$ *=(x* 11//,), vemos que *\x)* pode ser representado pela n-upla complexa (a,, a_2,..., a_n). Para cada observável existe, por conseguinte, uma maneira análoga de representar os vetores de estado através de n-uplas complexas. Suponhamos agora que nosso sistema consista de uma única partícula, a qual esteja livre para assumir *n*

posições, coordenatizadas pelos números reais x_p x_a,..., x_n. Esses xis, então, serão os autovalores de um determinado observável. Seja agora *\x)* um vetor de estado e seja (a_p a_2,..., a_n) a representação em n-upla de *\x)* correspondente àquele observável. Pode-se definir então uma função de valores complexos sobre o conjunto dos autovalores de posição pela fórmula = a, para i = 1, 2,..., n. Essa função y é chamada de função de onda daquela partícula.

Normalmente tem-se um interesse especial no caso em que uma partícula esteja livre para assumir todas as posições de alguma região *V* do espaço tri-dimensional. Para realizar uma descrição quântica desta situação requer-se evidentemente um espaço de Hilbert de infinitas dimensões, mas ocorre que não existe uma base ortonormal de autove-tores para a posição neste caso. Nossa construção anterior de uma função de onda, portanto, não mais se aplica. Não obstante, ainda é possível proceder de outras maneiras e encontramos que vetores de estado podem uma vez mais ser representados por uma função de onda, a qual é agora uma função contínua i|/ de valores complexos sobre *V.*

Em geral, diz-se que uma função de onda está normalizada se o vetor de estado correspondente também está, ou seja, se este possui comprimento unitário. O leitor deve observar que, para uma função de onda i|/ normalizada no caso de número finito de dimensões, |y/ *(%,*)| é precisamente a probabilidade de encontrarmos a partícula em x.. A quantidade |</$^{/}$(z)| , que é a análoga da anterior no caso de infinitas dimensões, por outro lado, não é, estritamente falando, uma probabilidade, mas o que se chama de densidade de probabilidade. Ela nos diz que a probabilidade de encontrarmos a partícula dentro de um “pequeno” volume AV ao redor de *x* é dada por |i//(j)|’’ AV.

Um comentário adicional sobre funções de onda: não é difícil vermos que a função de onda correspondente à soma Ronderada de vetores de estado não é nada mais que a soma ponderada correspondente de funções de onda. Isso implica que uma soma ponderada de funções de onda é também uma função de onda.[M 5]

8.Reconsiderando o Experimento da Fenda Dupla

Retornemos agora ao notável experimento do qual tratamos no início. Uma partícula (digamos, um elétron) é disparada através de uma tela S provida de duas fendas, e im-pacta numa segunda tela *R.* Nosso sistema físico consiste agora de um único elétron, sujeito às condições descritas. Se a fenda *A* estiver aberta e a fenda *B,* fechada, sabemos que o elétron passa por *A.* Sua função de onda vp_A, naquele instante, estará concentrada (ou mostrará um 'pico') na fenda *A,* o que equivale a dizer que as amplitudes $i|/_A(x)$ serão nulas para posições *x* distantes daquela fenda. Analogamente, se *B* estiver aberta e *A* fechada, a função de onda correspondente mostrará um 'pico' em $\|/_n$ no instante que o elétron passar por essa fenda.

posição; da verdade, elas constituem um espaço de HiJbert. Vou frisar, a esse res peito, que a mecânica quànttca foi descoberta duas vezes: primeiro por I leisenberg, que baseou sua teoria no espaço de Hilbert de vetores de estado, e um curto tempo depois (independentemente), por Schrõdinger, o qual baseou sua teoria no espaço de Hilbert tias funções de onda. Além disso, foi Schrõdinger quem demonstrou a equivalência das duas teorias ao estabelecer um chamado isomorfismo entre os res pectivos espaços de 1 lilbert (que se reduz, no caso de dimensões finitas, â correspondência entre vetores de estado e funções de onda). No entanto, em virtude do fato de o formalismo de Schrõdinger dar preferência a um observável particular (a posição no espaço), ele é bem menos abstrato que o formalismo de Heisenberg, tanto assim que se presta mais facilmente a uma interpretação clássica, a qual, entretanto, acaba se mostrando insustentável. O próprio Schrõdinger estranhamente encarava a função de onda desde um ponto de vista clássico, e quando Bohr, um dia, lhe explicou a inevitabilidade do colapso da função de onda, ele deu sua famosa réplica: "Se eu tivesse sabido desse maldito 'salto', eu jamais teria

me envolvido no assunto”. Assim corno Kinstein, Schrõdinger jamais se viu em paz com a teoria quântica.

Formemos então a seguinte soma ponderada entre essas duas funções de onda:

V|Z= CU|/$_A$+ 6y$_B$

cujos coeficientes complexos a e 6 são não nulos. Pelo que se disse acima, qi continua sendo uma função de onda. Esta tem a propriedade de descrever o caso em que ambas as fendas estão abertas. O elétron se encontra, então, num ‘estado de superposição’, o tipo de estado que exibe os efeitos de interferência já considerados (os quais, como vimos, provam ser inexplicáveis em termos clássicos).

Podemos supor, sem perda de generalidade, que as funções de onda ||>$_A$, v|/$_B$ e ||*i* estejam todas normalizadas, de modo que o quadrado do valor absoluto de suas amplitudes sejam efetivamente densidades de probabilidades. O fato de apresentar inicialmente um pico pronunciado em *A* nos dirá, então, que o elétron passa através de *A;* obviamente ocorre também um caso similar para y . A significância probabilística de ||*i* aparece agora de modo claro: o fato de que apresente um pico duplo implica que haja uma probabilidade positiva de que o elétron passe por *A* e uma probabilidade positiva de que passe por *B.*

Suponhamos agora que a função de onda V|/ seja conhecida no instante inicial, o momento no qual o elétron passa por *S.* Por meio da equação de Schrõdinger podemos então calcular vp(t) para todos os valores subsequentes da coordenada temporal í, até o momento em que o elétron impacte com a tela *R.* Como poderiamos antecipar, a densidade de probabilidade resultante dos impactos da partícula sobre *R* de fato exibe as familiares bandas de interferência. No nível dos vetores de estado estamos,

afinal de contas, realmente lidando com uma superposição de ondas, querendo com isso dizer que, do ponto de vista matemático, as tais bandas de fato formam um fenômeno de difração no sentido clássico.

O fato é que a teoria quântica explica perfeitamente os dados experimentais. E o faz por meio de amplitudes complexas, repletas de seus fatores de fase oscilatórios. Por outro lado, o que realmente é observável são os quadrados dos valores absolutos, a saber: as probabilidades e as densidades de probabilidades, que se manifestam, por exemplo, na densidade de pontos numa chapa fotográfica posta em exposição. A questão que surge, então, é se essas amplitudes complexas em si mesmas carregam alguma realidade física. Alguns físicos duvidam disso. Mas, sendo assim, seríamos obrigados a dar uma explicação para que um cálculo, baseado em amplitudes fictícias, pudesse dar resultados invariavelmente corretos. Falando concretamente: se os dois picos iniciais da função de onda superposta y não forem de forma alguma reais, como, então, eles podem explicar o aparecimento de efeitos de interferência? Se for verdadeiro que um efeito deva ter uma causa, então estaremos justificados em considerar a função de onda como algo mais do que uma ficção. E aí, pela mesma razão, somos obrigados a concluir que o elétron, antes do momento de ser efetivamente observado, está, de alguma forma, espalhado no espaço. E se ainda ocorrer de sua função de onda exibir inicialmente os dois picos, somos igualmente forçados a concluir que, num certo sentido, o elétron passa realmente por ambas as fendas, por estranho que pareça.

Entretanto, a teoria quântica em si nada tem a dizer a respeito do status ontológico das amplitudes complexas; ela simplesmente nos informa como calcular as

probabilidades quânticas, para o restante nos permitindo pensar como quisermos.

1

Estamos supondo, por simplicidade, que os autovalores $X_{J?}$ X.,,..., X„> são todos distintos. Para um autovalor múltiplo *X,* a probabilidade passa a ser dada pela soma das probabilidades *p* associadas aos auto-vetores h) correspondentes a *X.*

2

Em linhas gerais: quanto maior a precisão com que se conheça P, maior será a incerteza com que se conhece *Q.*

3

Isso é válido na representação hamiltomana, na qual se representa os sistemas físicos como um ponto sobre o que se chama espaço de fase, que é um espaço coor denatizado pelas posições e pelos momentos lineares de todas as partículas consti ruinres. () espaço de fase de um sisrema constituído de *n* partículas tem, por conse guinre. *6n* dimensões

4

Visto que um único vetor não nulo no espaço de I lilbcrt determina por si toda a irajctória a ser, neste espaço, percorrida, segue-se ejue um estado inicial arbitrário dcrcnnina a evolução de Schrõdinger do sistema quàntico. Tudo isso, claro, com a condição de que as forças externas estejam determinadas de antemão.

n <) tato e que existem experimentos (‘de segundo tipo’) que alteram o valor do observável que se está medindo. Por exemplo, frequentemente determina-se o momento linear de uma partícula nuclear ao medir-se o momento que é transferido a outra partícula numa colisão. O momento daquela primeira partícula será consequentemente mudado pela medição. Desse modo, se uma segunda medição fosse realizada imediatamente após a primeira, feríamos um resultado diferente.

5

Funções de onda, por conseguiure, sansfazem seu proprio principio de super

GLOSSÁRIO

Autoestado: Estado de um sistema físico no qual o valor de um observável pode ser previsto com absoluta certeza.

***Autovetor*|** No formalismo da teoria quântica, o estado de um sistema físico é representado pelo que se chama de vetor de estado. Um vetor de estado é chamado autovetor (com respeito a um dado observável X) se o valor de X puder ser previsto com absoluta certeza sempre que o sistema físico estiver num estado correspondente ao vetor de estado em questão.

Bifurcação: Nome dado ao princípio cartesiano que afirma que o objeto da percepção é privado, meramente subjetivo. A idéia da bifurcação vai de par com a hipótese de caracterizar-se o mundo externo exclusivamente pelas quantidades e pela estrutura matemática. De acordo com essa visão, todas as qualidades (tais como a cor) existem apenas na mente do observador.

Causalidade vertical: Modo de causação que não *j* atua a partir do passado e para o futuro por meio de um processo temporal, mas que atua diretamente ou / ‘instantaneamente’.

Colapso do vetor de estado: Alteração descontínua ou instantânea na representação quântica de um sistema físico resultante de uma medição efetuada. O termo é frequentemente aplicado igualmente à mudança instantânea no próprio sistema físico.

Especificação: Processo empírico pelo qual um ente físico fica definido ou determinado até certo grau.

Essência: É o que responde à pergunta ‘O quê?’; é, portanto, o *quid* ou quididade da coisa.

Forma: Equivalente escolástico da *morphe* no sentido aristotélico. A forma é o que torna inteligível uma coisa.

Hyle: Termo usado por Aristóteles para referir-se ao recipiente pré-existente da forma, da inteligibilidade. A palavra grega significa ‘madeira’ e a metáfora vem das artes plásticas: assim como um pedaço de madeira pode receber a forma de Apoio ou a de Sócrates, também a hylé pode receber a *morphe* ou forma num sentido geral.

Matéria: Equivalente escolástico da hylé aristotélica. *Matéria* representa, assim, o recipiente pré-existente da forma, entendida no sentido de conteúdo inteligível.

Matéria signata quantitate: Termo usado para referir-se ao recipiente da forma ou da determinação, estando já sujeita, por seu lado, a uma forma ou estrutura matemática.

Matéria secunda: Recipiente de forma ou de determinação, já, por sua vez, parcialmente determinada.

Morphe: Aspecto formal ou inteligível de um ente existente. O termo foi empregado por Aristóteles conjuntamente com a palavra hylé, recipiente da *morphe.*

Natura Naturata: Termo escolástico que significa natureza’ no sentido de algo que tenha sido produzido, criado ou ‘naturado’.

Natura Naturans: A natureza entendida como um princípio ativo, criador ou ‘naturante’. O termo é na verdade um *nomen Dei*, ‘um nome de Deus’.

Natureza: Emprego este termo provisoriamente, inspirado pela observação de Heisenberg de que a física moderna lida não com a natureza mesma, mas com 'nossas relações para com a natureza'. A noção pode ser mais bem precisada com o apoio das concepções aristotélica- e escolástica.

Matéria prima. Matéria despida de toda e qualquer determinação formal.

Mundo corpóreo: E o mundo familiar (ou pré-cientí-bco) que conhecemos diretamente por meio da percepção sensorial.

Objeto corpóreo: Um objeto corpóreo é simplesmente uma coisa que pode ser percebida.

Objeto físico| São coisas que podem ser entendidas por meio do *modus operandi* da ciência física.

Objeto físico associado: Todo objeto corpóreo (isto é, perceptível) pode ser sujeito a medições e concebido em termos físicos. O objeto corpóreo X determina, assim, um objeto físico SX, ao qual denominamos objeto físico associado.

Potentia. Termo aristotélico signibcando algo que existe 'em potência' em relação a alguma outra coisa. O termo foi usado por Heisenberg para entes quânticos tais como partículas fundamentais, em contraposição às 'coisas e fatos' da experiência ordinária.

Presentificação: Sendo SX um objeto físico associado (q.v.) ao objeto corpóreo X, diz-se que X é a presentificação de SX.

Reificação: Ato pelo qual vestimos os entes físicos ou matemáticos com formas imaginárias de tal modo que

acabamos por ‘corporificar’ tais entes.

Sistema físico: E um objeto físico encarado em termos de uma dada representação.

Subcorpóreo: Um objeto físico que é o objeto físico associado (q.v.) SX de um objeto corpóreo X. Objetos subcor-póreos são, assim, nada mais que os entes físicos que passam a ser identificados com o objeto perceptível de acordo com a interpretação usual da física.

SX: Objeto físico associado (q.v.) a um objeto corpóreo X.

Transcorpóreo: Entidade física que não é sub-corpó-rea (q.v.). Partículas fundamentais tanto quanto ‘pequenos’ agregados atômicos são transcorpóreos.

Universo físico: Lugar, domínio, lócus dos objetos físicos, e, por conseguinte, de certa maneira, o mundo como imaginado pelos físicos.

Vetor de estado: Entidade matemática que representa o estado de um sistema físico no formalismo da teoria quântica.

Visualização: Um modo de observação física cujo término não é um valor numérico, tampouco uma quantidade, mas algum tipo de visualização gráfica.

Yang: Aspecto formal ou essencial de uma coisa.

Yin: Aspecto material de uma coisa. Assim como as concepções aristotélicas de matéria e forma, ou de potência e ato, os termos ‘yi^{n}’ e ‘y^{an}g’ têm que ser compreendidos conjuntamente.

Yin-Yang: Familiar figura taoísta que exibe a interpenetração de um campo branco com um campo preto. O *yin-yang* poderia ser chamado de ícone por excelência da complementaridade no seu sentido mais universal e profundo.

ÍNDICE REMISSIVO

A

ARISTÓTELES - 36, 53, 150, 151, 155, 156, 212, 254.

B

BELL, JOHN S. - 168.

BERKELEY, BISPO DE - 31.

BOHM, DAVID - 140.

BOHR, N1ELS - 173.

BOLTON, ROBERT - 192.

BOLTZMANN, LUDWIG - 87.

BURTT, EDWINA. - 45.

C

COOMARASWAMY, ANANDA - 207.

D

DANTE - 193.

DEHMELT, HANS - [101], 127.

DEMBSKI, WILLIAM - 198.

DEMÓCRITO DE ABDERA - 44.

DESCARTES, RENÉ - 22, 27, 28, 29, 32, 35, 45, 47, 51, 52, 53, 55, 58, 60, 75, 120, 159, 163, 176, 178, 179.

DIELS, HERMANN - 45.

DIRAC, PAULA. M. - 117,121,122,229,233.

E

ECKHART, MESTRE - 155,194.

EDDINGTON, SIR ARTHUR - 149.

/ EINSTEIN, ALBERT - 7, 22, 47, 60, 84, 85, 87, 88, 94, 130, 142, 143, 154, 167, 168, 169, 171, 176, 236, 248.

F

FARADAY, MICHAEL - 94.

FEYNMAN, RICHARD - 127.

FÍLON DE ALEXANDRIA - 193.

G

GALILEU - 22,47, 159, 163.

GOETHE, J. W. VON - 180.

GUÉNON, RENÉ - 163, 207.

H

HARTMANN, NICOLAI - 48.

HEISENBERG, WERNER - 22,48,60, 110, 112, 114, 1)7, 119, 130, 131, 132, 134, 136, 137, 140, 149, 201, 208, 220, 237, 238, 248, 255. HELMHOLTZ, HERMANN L. F. - 92.

HERBERT, NICK - 166.

HESÍODO - 206.

HUME, DAVI D - 150.

HUSSERL, EDMUND - 48.

HUYGENS, CHRISTIAN - 93.

J

JAK.I, STANLEY L. - 177.

JOULE, JAMES P. - 92.

K

KANT, 1MMANUEL - 32, 53, 145, 150.

KLEIN, FELIX - 147.

L

LAPLACE, PIERRE-SIMON - 171.

LOCKE, JOHN - 32, 150.

M

MAXWELL, JAMES C. - 94, 148.

N

NASR, SEYYED HOSSEIN - 10.

NEUMANN, JOHN VON - 126, 169, 170.

NEWTON, SIR ISAAC - 44, 47, 59, 88, 91, 92, 93, 94, 141, 152, 189.

p

PENFIELD, WILDER - 54.

PLANCK, MAX - 111,174,176,217,238,241.

PLATÃO - 46, 130, 158,212.

S

SCHRÕDINGER, ERWIN - 72, 113, 116, 123, 124, 135, 137, 170, 185, 201,202, 205, 206, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 248, 249. SCHUMACHER, E. F. - 55.

SHABISTARI - 194.

SHERRINGTON, SIR CHARLES - 57.

S. JOÃO EVANGELISTA - 196.

SMITH, WOLFGANG - 8, 10, 14, 16, 144.

STAPP, HENRY - 143, 146.

S. TOMÁS DEAQUINO - 8, 15,212.

V

VARGHESE, ROYA. - 49, 177.

VOEGEL1N, ERIC - 166.

VOLTA IRE - 93.

W

WHITEHEAD, ALFREDN. - 48,60, 124.

WHITE, LYNN - 176.

WIGNER, EUGENE - 126,204.

Y

YOUNG, THOMAS - 213,215.

Q ENIGMA

"Wolfgang Smith é um importante pensador de quem nossa era necessita. E esse é seu livro mais fecundo". *Huston Smith* **"O Enigma Quântico reveste-se de grande importância não apenas para a filosofia da ciência, mas também para todo o domínio do conhecimento humano, devendo ser difundido o máximo possível."** *SeyyedHossein Nasr* **"A coisa mais tímida que me ocorre dizer dessa descoberta do Prof. Wolfgang Smith é que ela foi uma das maiores realizações intelectuais do século XX".** *Olavo de Carvalho*

r

VIDE EDITORIAL